

## ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АЭРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В г. ОРЕНБУРГЕ

В данной статье рассмотрены различные критерии оценки состояния атмосферного воздуха, определены приоритетные загрязняющие вещества и источники атмосферных выбросов в городской среде, формирующие аэрогенную нагрузку. Дана сравнительная характеристика загрязнения внешней и внутренней среды. Авторами обоснована необходимость расчета суммарного ингаляционного поступления загрязняющих веществ в организм человека для целей сравнения с референтными дозами и установления риска здоровью.

В связи с высокой нестабильностью воздушной среды, определяемой значительными перемещениями воздуха и содержащихся в нем поллютантов как в силу действия ветра, так и при температурных инверсиях, эколого-гигиеническая оценка ее состояния сопряжена с большими трудностями, что относит атмосферный воздух к категории наименее управляемой человеком среды [1]. К другим причинам высокой вариабельности состава атмосферного воздуха как по перечню загрязняющих веществ, так и по их концентрациям в разных точках наблюдения также можно отнести большее количество неравномерно распределенных в городской черте разнородных по характеру источников выбросов в атмосферу.

Используемые способы ранжирования урбанизированных территорий по количеству валовых выбросов не всегда применимы для оценки воздушной среды. Одной из причин является то, что учитываются не все источники атмосферных выбросов. Анализ отчетной формы «2ТП-воздух» по предприятиям г. Оренбурга показал, что отчеты представляются не всеми объектами, их количество составляет не более 20% от всех промышленных предприятий, осуществляющих выбросы в атмосферный воздух. Кроме того, во многих городах большинство крупных предприятий с большим количеством выбросов расположено на значительном удалении от селитебных зон. Так, в Оренбурге выбросы только двух предприятий, удаленных на расстояние более 20 км от города, составляют почти 80% выбросов стационарных источников и более 40% от общего количества выбросов в атмосферу, что требует корректного учета их влияния на состояние воздуха в местах непосредственного проживания населения.

Вместе с тем было установлено, что в отчетных формах учитываются не все химические вещества, выбрасываемые в атмосферу [2]. На ряде предприятий, где осуществляется обработка полимеров и технология предполагает вы-

деление формальдегида, данное вещество в отчет не было включено.

Другим часто используемым критерием установления рангов промышленных городов по уровню загрязнения является удельный вес проб атмосферного воздуха с превышением ПДК. В среднем по России этот показатель составил 6,96% [3]. В Оренбургской области удельный вес проб атмосферного воздуха колеблется в пределах 7,5-9% [4]. По результатам наблюдения на 3-х стационарных постах (СП) в г. Оренбурге данный показатель составил 16,9% (расчет проводился на среднесуточные ПДК) [5]. Максимальное количество проб с превышением ПДК зарегистрировано в Центральном и Дзержинском районах города (СП 2, СП 6).

По результатам маршрутных наблюдений в среднем по всем контрольным точкам в г. Оренбурге, включающим промышленную, транспортную и жилую зоны, удельный вес проб атмосферного воздуха с превышением норматива (сравнение проводилось по максимально разовым ПДК) составил 4,34%, установлена положительная тенденция данного показателя за последние годы (рисунок 1).

При этом на селитебной территории в зоне влияния промышленных предприятий данный показатель составил 2,83%, в зоне действия автомобильных магистралей – 7,47%, в придорож-

Таблица №1. Удельный вес проб атмосферного воздуха с превышением ПДК на стационарных постах наблюдения (%)

Вещество	Стационарные посты наблюдения			В среднем по городу
	СП 2	СП 5	СП 6	
Пыль	38,87	18,87	35,43	31,05
Сернистый ангидрид	0	0,66	0,33	0,33
Диоксид азота	13,29	34,44	54,64	34,14
Оксид углерода	1,33	0,33	1,66	1,1
Формальдегид	63,79	*	*	63,79
Сероводород	1,66	3,97	1,66	2,43
В среднем по всем веществам **	11,03**	11,66	18,74	13,81**
В среднем по всем веществам	19,82	11,66	18,74	16,93

Примечание: \* – исследования не проводились

\*\* – показатель приведен без результатов исследования на содержание формальдегида

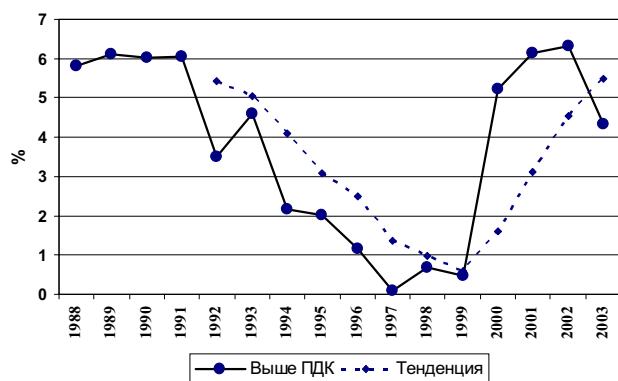


Рисунок 1. Удельный вес проб атмосферного воздуха с превышением ПДК.

ной зоне автодорог – до 80%. Сравнение ранговых рядов, составленных по представленным двум критериям, выявило существенные противоречия между ними.

Для корректной эколого-гигиенической оценки состояния воздушной среды помимо указанных подходов требуются учет всего перечня значимых поллютантов; анализ фактического содержания их в воздухе различных мест пребывания человека в городской среде с учетом экспозиции и времени суток; расчет суммарной аэрогенной нагрузки [6].

Проведенный анализ показал снижение роли стационарных источников атмосферных выбросов в формировании антропогенной нагрузки, что было обусловлено как снижением суммарной производственной мощности многих предприятий, ликвидацией части из них, так и существенным увеличением количества передвижных источников, а именно автомобильного транспорта.

В Оренбургской области зарегистрировано более 550 тысяч автотранспорта, из них индивидуального пользования 83,6%. Общее количество автомобильного транспорта, зарегистрированного в г. Оренбурге, превышает 110 тысяч единиц, т. е. более 200 единиц автотранспорта на тысячу городского населения. Увеличение автомобильного транспорта в Оренбурге повторяет общую тенденцию, как в России, так и за рубежом. По данным департамента автомобильного транспорта Минтранса РФ, за последние 10 лет автомобильный парк России увеличился в 2,5 раза и составляет в настоящее время более 25 млн автомобилей. Рост произошел за счет увеличения количества легковых автомобилей, которых зарегистрировано в РФ около 20 млн. Ежегодно количе-

ство автомобилей в России увеличивается на 8%. Наибольший прирост регистрируется в крупных городах. Между тем численность автомобильного парка России в 3-4 раза ниже уровня развитых стран мира. Так, по данным исследовательских центров (ААМА, WRI, АФИ) на тысячу населения приходится в России уже примерно 170 (в 2001 г. – 135) автомобилей, в крупных развитых странах 500-700 ед. транспорта на 1 тысячу населения. По прогнозам специалистов НИИ автомобильного транспорта России, к 2005 г. автомобильный парк РФ может вырасти примерно вдвое – до 45 млн автомобилей.

Удельный вес передвижных источников в структуре атмосферных выбросов в конце 90-х годов в Оренбурге составлял 62% [7], в настоящее время превысил 70%. Для сравнения: в начале 90-х годов прошлого века удельный вес передвижных источников в среднем составлял 51,1%. В ряде крупных городов России данный показатель достиг 90% от валового количества выбросов в атмосферу. Автомобильный транспорт как источник загрязнения воздушной среды максимально приближен к человеку, выбросы осуществляются в приземном слое не только в непосредственной близости, но и внутри селитебных зон, внутри дворовых территорий микрорайонов. Широкое распространение автотранспорта в городской среде затрудняет территориальную привязку данного источника атмосферных загрязнений к определенным жилым зонам. Вместе с тем различия в уровне антропогенной нагрузки за счет деятельности транспорта могут быть определены по уровню интенсивности движения на изучаемых автомагистралях, по средней интенсивности движения в жилых районах города.

Анализ структуры движения, учитывающей различные типы автомобилей по мощности, показал значительное увеличение удельного веса легковых автомобилей и снижение количества грузового транспорта и автобусов с большой мощностью двигателя, микроавтобусы были приравнены к легковым автомобилям. Удельный вес легкового транспорта увеличился с 63,5% до 83,4%, количество грузовых автомобилей и автобусов снизилось соответственно с 18,3 до 8,2% и с 18,2 до 8,4%. Наибольший удельный вес грузового транспорта в структуре движения зарегистрирован в Промышленном районе, легкового транспорта – в Центральном и Ленинском районах города.

Анализ интенсивности автомобильного движения на основных магистралях города выявил значительное увеличение показателя (в 1,83 раза) за наблюдаемый период времени в 15 лет. Интенсивность движения в большей степени выросла в Ленинском и Центральном районах, что было обусловлено исторически сложившимися системами застройки города. В центре и в прилегающих к нему районах используются радиальная, радиально-дуговая и радиально-прямоугольная системы застройки. В качестве ярко выраженных лучей выступают такие улицы, как Парковый проспект, улица Цвиллинга, Пролетарская, Комсомольская, Терешковой, проспект Победы. Форму дуги имеют улицы Рыбаковская, переходящая в ул. Маршала Г.К. Жукова, Ташкентская, Степана Разина, Попова, Парижской Коммуны. В других частях города применена прямоугольная система застройки, примерами могут служить такие жилые районы, как Восточный, Южный, Форштадт, Северный. Рост интенсивности также обусловлен наличием в центральной части множества общественно значимых объектов – учреждений культуры, образования, спорта и отдыха, торговли. Традиционно в центре города сконцентрированы здания федеральных и муниципальных органов управления, банковских учреждений.

Влияние автотранспортных выбросов может проявляться на расстоянии более 1 км от автомагистрали и распространяется на высоту более 300 метров, вместе с тем максимум загрязнения формируется в приземном слое придорожной зоны [8].

В воздушную среду в составе выхлопных газов, а также за счет износа шин, тормозных колодок попадают оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, альдегиды, сажа, полициклические, ароматические углеводороды, токсичные элементы кобальт, медь, ванадий, никель, хром, марганец, цинк, бромиды, молибден, кадмий. Несколько уменьшилось значение свинца, что связано с увеличением объемов использования газа в качестве автомобильного топлива, а также с отказом сначала в отдельных регионах, а позже по всей стране от использования этилированного бензина.

Одним из важнейших звеньев в деле обеспечения качества воздушной среды является организация адекватной системы наблюдения за ее состоянием. Контроль качества воздуха населенных пунктов проводится путем органи-

зации стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постов наблюдения за загрязнением атмосферы.

На стационарных постах наблюдения в г. Оренбурге проводится отбор и анализ на содержание 6 приоритетных поллютантов (пыль, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, сероводород, формальдегид), перечень веществ, исследуемых заводскими лабораториями, также не превышает 8-10 названий, включая в себя специфические для данного производства химические вещества. Наблюдение на маршрутных постах, осуществляемое центрами санитарно-эпидемиологического надзора, проводится по 16 приоритетным веществам, при необходимости перечень может быть расширен до 40 химических веществ и соединений. Общее количество наименований различных веществ, определяемых в воздушной среде, составило 58 [9].

Для сравнительной оценки зон наблюдения был проведен расчет усредненного коэффициента, учитывающего количество включенных в анализ поллютантов [10]. Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха установлен в центральной части города ( $K = 0,68$ ), второе ранговое место занимают жилые территории в северной части ( $K = 0,66$ ).

Учитывая недостаточность существующей системы стационарного наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха для достоверной эколого-гигиенической оценки среды обитания, а также для целей установления взаимосвязи показателей здоровья с факторами окружающей среды, санитарно-эпидемиологической службой была организована система маршрутных наблюдений, которая первоначально включала в себя 3 однотипные зоны наблюдения (X, Y, Z). В период с 1999 по 2001 г. проводились исследования воздушной среды придорожных зон и внутри кварталов в 4-х точках наблюдения. Последние два года программа исследований была расширена, общее количество зон наблюдения составило 10 значимых участков жилой территории, был увеличен также перечень определяемых веществ. Отбор проб воздуха на маршрутных постах наблюдения проводился в дневное время в рабочие дни в условиях, приближенных к максимальным по количеству выбросов, как от стационарных, так и передвижных источников загрязнений.

Общей характеристикой полученных результатов явилось отсутствие корреляционной зависимости содержания газообразных веществ

и наличие корреляционной зависимости средней силы содержания металлов от уровня интенсивности движения автомобильного транспорта, что связано с определенной удаленностью точек наблюдения от дорог, разным направлением ветра в течение года, а также различиями в физико-химических свойствах изучаемых веществ.

Анализ внутригодовой динамики содержания различных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выявил высокую вариабельность показателя и позволил установить не только зоны, но и время повышенного риска аэрогенного фактора.

Максимальная концентрация диоксида азота зарегистрирована в апреле и в целом в летние месяцы, что указывает на приоритетность автомобильного транспорта в качестве источника загрязнения. По содержанию диоксида серы приоритетными можно признать март, апрель и август, вероятной признана связь с уровнем производственной нагрузки на предприятиях нефтяной и газовой промышленности, превышение ПДК установлено в марте и августе.

Концентрации формальдегида в воздухе не превысили ПДК только в мае и ноябре, в остальные месяцы содержание было выше ПДК, максимальные уровни (до 5 ПДК) зарегистрированы в период с февраля по март. Связь показателя с автомобильным транспортом не установлена, определяющее значение в формировании аэрогенной нагрузки имеют стационарные источники – предприятия мебельной промышленности и по изготовлению полимерных изделий. В содержании сажи и оксида углерода отмечаются общие тенденции, а именно увеличение концентраций в весенние, летние и осенние месяцы, что также соотносится с ростом интенсивности движения автотранспорта на дорогах города. Превышение ПДК оксида углерода зарегистрировано в сентябре наблюдаемого года. Отличительным является стабильное содержание сажи в воздухе с февраля по сентябрь на уровне 0,06-0,07 мг/м<sup>3</sup>, при колебаниях в уровне оксида углерода от 1,5 до 3,5 мг/м<sup>3</sup>.

Высокие концентрации пыли в весенние, летние и осенние месяцы года имеют по большей части природный генез, количество пыли значительно увеличивается в сухие ветреные месяцы. Нельзя также не учитывать антропогенную составляющую – уровень благоустрой-

ства городских территорий, деятельность строительных предприятий, движение автотранспорта. Превышение среднесуточной ПДК регистрируется во все месяцы года. Максимальная разовая ПДК превышена в апреле, июне, августе наблюдаемого года.

По суммарному содержанию углеводородов (С1-С9) в воздухе превышение ПДК не установлено, увеличение концентраций отмечается в зимние месяцы года.

Концентрация меди в воздухе подвержена значительным колебаниям, максимум зарегистрирован в июле, что дает возможность предположить наличие непродолжительных, но значительных по объему выбросов меди и ее соединений на локомотиворемонтном заводе (единственный источник выбросов оксида меди по отчетным формам «2ТП-воздух»). Причинами могут служить нестабильная разовая работа предприятия. Другим источником меди в воздухе может служить автотранспорт, выбросы от которого не приводят к превышению ПДК, возможны также и другие неустановленные источники загрязнения.

Содержание цинка в атмосферном воздухе было значительно ниже ПДК. Максимум концентрации цинка отмечен в мае и июне. Основным стационарным источником выбросов цинка в воздух является АО «Радиатор». По содержанию никеля в воздухе превышение ПДК зарегистрировано в период с ноября по январь, максимум – в ноябре (4,6 ПДК), что также указывает на вероятные источники загрязнения, такие как предприятия теплоэнергетики, преваляющий объем выбросов от которых происходит в зимний период.

Превышение ПДК марганца установлено в августе и сентябре, в зимние месяцы марганец содержится в воздухе на уровне 0,1-0,2 ПДК, с марта по июль – 0,4-0,5 ПДК. Предприятий и других источников выбросов марганца в атмосферный воздух достаточно много в городе – 109 объектов и транспорт. Хромовый ангидрид постоянно обнаруживается в воздушной среде наблюдаемых зон города, превышение ПДК зарегистрировано в апреле. Источников выбросов хрома и его соединений также достаточно много среди предприятий города. Превышение ПДК фенола отмечено в феврале и с апреля по июнь.

Сравнительный анализ средних концентраций определяемых веществ за летний и зимний периоды позволил установить приоритет лет-

него периода по большинству поллютантов (диоксид азота, диоксид серы, хромовый ангидрид, фенол, сажа, оксид углерода, пыль, медь, цинк, марганец). В зимние месяцы отмечалось более высокое содержание формальдегида, углеводородов (С1-С9), никеля (рисунок 2).

В соответствии с алгоритмом своей повседневной деятельности человек находится в течение дня в разных местах городской застройки, отличающихся различным уровнем аэрогенной нагрузки. Представилось важным провести оценку состояния воздушной среды внутри дворовых территорий, внутренних помещений жилых и общественных зданий.

По результатам проведенных исследований воздуха вышеуказанных зон наблюдения был подтвержден приоритет придорожных зон с наибольшим коэффициентом нагрузки  $K=1,3$ . Второе ранговое место занимает территория жилой застройки, прилегающая к санитарно-защитным зонам промышленных предприятий ( $K=1,16$ ), где установлено содержание 1,19 ПДК диоксида азота, 1,6 ПДК пыли, 1,58 ПДК аммиака, 1,18 ПДК диоксида серы, 2,58 ПДК формальдегида. Среднее соотношение концентраций загрязняющих веществ в воздухе на территории дворов к придорожной зоне, приблизительно равно 1:2,4. Разбавление загрязнений воздушной среды, сформированных на автомагистралях, в промышленных зонах и переносимых внутрь кварталов, можно признать неэффективным, содержание диоксида азота в воз-

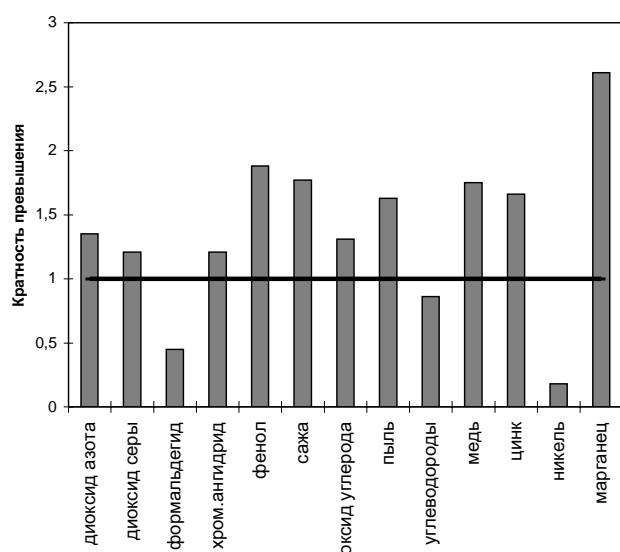


Рисунок 2. Соотношение средних концентраций определяемых веществ за летний период к средним концентрациям за зимний период (за единицу принят зимний период).

духе дворовых территорий превышает ПДК в 1,84 раза, пыли – в 2,16 раза. Усредненный коэффициент аэрогенной нагрузки на дворовых территориях составил  $K=0,55$  и внутри жилых помещения – 0,20.

В воздушной среде жилых помещений содержится достаточно большой перечень химических веществ – загрязнителей, как перешедших из внешней среды, так и образующихся в самом жилье. Как правило, содержание многих поллютантов незначительно, в ряде наблюдений – ниже предела обнаружения применяемых методик исследования и среднее содержание загрязнителей по всем точкам наблюдения не превышает 0,6 ПДК. Вместе с тем максимальные концентрации некоторых веществ значительно превышают допустимые пределы для атмосферного воздуха (диоксид азота, формальдегид, пыль, металлы).

Превышение ПДК диоксида азота, металлов, как правило, обусловлено внешним влиянием, т. е. выбросами предприятий и автотранспорта. Высокие концентрации формальдегида, фенола, ацетона является следствием выделением этих веществ в воздух при проведении ремонтных и отделочных работ. Значимые концентрации ртути в воздухе регистрировались при разливе ртути при повреждении ртутьсодержащих приборов. Данные результаты получены при проведении исследований после обращения городских жителей, и, как правило, отмечается превышение ПДК не более чем по одному веществу, что указывает на случайный характер загрязнения. Вместе с тем усреднение данных по большому числу наблюдений за 5 лет позволяет использовать полученные результаты для оценки аэрогенной нагрузки внутренней среды с высокой достоверностью.

Анализ внутренней среды общественных заведений, учреждений, организаций и разного рода предприятий без значимых источников загрязнения воздушной среды показывает примерное равенство с жилыми помещениями по уровню антропогенной нагрузки. Отмечается несколько большие концентрации пыли при работе с бумагой, а также в спортзалах (0,8-1,0 ПДК), формальдегида в офисных помещениях (до 2-х ПДК), диоксида азота при использовании множительной техники (1,5-2,0 ПДК).

Внутренняя среда производственных помещений промышленных предприятий при наличии технологических процессов с выделением в воздух вредных веществ отличается значи-

тельно более высокой аэрогенной нагрузкой. Расчет усредненного коэффициента нагрузки с учетом ПДК вредных веществ для атмосферного воздуха показал в 60,3 раза больший уровень нагрузки, чем в придорожной зоне, и в 142 раза больше, чем в жилой зоне. Анализ состояния воздуха рабочей зоны вредных производств необходимо проводить отдельно для каждой профессиональной группы с учетом дозовой экспозиции.

Проведенные исследования позволяют рассчитать ингаляционную дозу химических веществ с целью установления риска для здоровья человека. Расчет, проведенный на примере формальдегида, показал, что средняя поглощенная доза для населения составила 0,29 от референтной дозы (по данным ATSDR США), средняя доза для профессиональных групп – 4,93, при этом максимальная доза превысила референтную дозу более чем в 12 раз. Наличие риска неблагоприятных последствий для здоровья при ингаляционном воздействии

установлено для целого ряда поллютантов, постоянно присутствующих в воздушной среде, что требует принятия неотложных мер по снижению загрязнения воздушной среды в городе [11, 12].

Наличие риска для здоровья человека при воздействии вредных факторов воздушной среды подтверждает обусловленность ряда заболеваний данным фактором и требует определенных управленческих решений по минимизации неблагоприятных последствий. Учитывая, что здоровье человека определяется средой обитания, сформировавшейся ранее, помимо организационных, архитектурно-планировочных, инженерно-технологических решений, ожидаемый эффект от которых будет достигнут в будущем, необходимо также уже сейчас увеличение финансирования здравоохранительных мероприятий на территориях повышенного риска и в отношении групп риска, т. е. населения, проживающего в районах с высокой антропогенной нагрузкой.

**Список использованной литературы:**

1. Теоретические основы и практические решения проблем санитарной охраны атмосферного воздуха / Под ред. акад. РАМН Ю.А. Рахманина. – М., 2003. – 382 с.
2. Боев В.М., Верещагин Н.Н., Дунаев В.Н. Определение атмосферных загрязнений по результатам исследований снегового покрова // Гигиена и санитария. – 2003. – №5. – С. 69-71.
3. Онищенко Г.Г. Окружающая среда и состояние здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2001. – №3. – С. 3-10.
4. Боев В.М., Куксанов В.Ф., Быстрых В.В. Химические канцерогены среды обитания и злокачественные новообразования. – М., 2002. – 344 с.
5. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.6.695-98. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998. – 69 с.
6. Методические рекомендации «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения» ГКСЭН РФ № 01-19/17-17. – М. – 1996.
7. Борщук Е.Л. Комплексная гигиеническая оценка окружающей среды и управление факторами канцерогенного риска. – Автореф. дис... канд. мед. наук. – Оренбург, 1998. – 24 с.
8. Цыцур А.А., Куксанов В.Ф., Бондаренко Е.В., Старокожева Е.А. Транспортно-дорожный комплекс и его влияние на экологическую обстановку города Оренбурга. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 164 с.
9. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. – М., 1991. – 694 с.
10. Дунаев В.Н. Гигиеническая оценка физических факторов селитебной территории промышленного города и состояние здоровья населения. – Автореф. дис... канд. мед. наук. – Оренбург, 1999. – 26 с.
11. Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 256 с.
12. Новиков С.М., Шашина Т.А., Скворцова Н.С. Критерии оценки риска при кратковременных воздействиях химических веществ // Гигиена и санитария. – 2001. – №5 – С. 87-89.