

УДК 614.78 (470-25)

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИОРИТЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ОЦЕНКА РИСКА, СВЯЗАННОГО С ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ, НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВЫ

Е.Е. Андреева¹, П.З. Шур², А.Р. Клименко², В.А. Фокин²

¹ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве, Россия, 129626, г. Москва, Графский пер., 4/9

² ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

На основании сравнения показателей загрязнения объектов среды обитания населения Российской Федерации и г. Москвы установлены приоритетные загрязнители атмосферного воздуха и воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Москвы. Проведено гигиеническое исследование по оценке риска здоровью населения Москвы, связанного с химическим загрязнением атмосферного воздуха и воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. По результатам гигиенической характеристики загрязнения среды обитания и оценке риска здоровью населения г. Москвы, связанного с его негативным воздействием, в качестве приоритетных факторов опасности выделены: бензол, азота диоксид, взвешенные вещества, формальдегид, оксид азота, озон – для атмосферного воздуха, а также мышьяк и хром (IV) – для воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Ключевые слова: гигиеническая характеристика, оценка риска здоровью, приоритетные загрязнители, жители мегаполиса.

В крупных городских агломерациях (мегаполисах) атмосферный воздух и питьевая вода являются ведущими объектами среды обитания, обуславливающими риск для здоровья населения [3]. К таким агломерациям относится и город Москва, в атмосферный воздух которого выбрасывается большое количество веществ с различными токсикологическими характеристиками. При этом для больших городов следует отметить значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха выбросов автотранспорта [1, 2, 4, 5, 14]. Необходимость обеспечения питьевой водой большого числа людей вынуждает использовать значительное количество подземных и поверхностных источников, вода которых не всегда соответствует гигиеническим требованиям. Это обуславливает необходимость очистки и обеззараживания воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, что может приводить к появлению дополни-

тельных факторов риска. Данная ситуация способствует формированию риска для здоровья жителей мегаполиса.

В связи с этим целесообразно проанализировать возможности негативного воздействия атмосферного воздуха и питьевой воды на здоровье с выявлением наиболее опасных факторов по критериям риска для здоровья населения Москвы.

Цель исследования – дать гигиеническую характеристику состояния окружающей среды и оценить ее потенциальное воздействие на здоровье населения г. Москвы.

Задачи:

1. На основании сравнения показателей загрязнения объектов среды обитания населения Российской Федерации и г. Москвы установить приоритетные загрязнители атмосферного воздуха и воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Москвы.

© Андреева Е.Е., Шур П.З., Клименко А.Р., Фокин В.А., 2015

Андреева Елена Евгеньевна – кандидат медицинских наук, профессор, руководитель, главный государственный санитарный врач по городу Москве (e-mail: uprav@77.gospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (495) 621-70-76).

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

Клименко Алла Рафаиловна – специалист по оценке риска отдела анализа риска для здоровья (e-mail: klimenko@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

Фокин Владимир Андреевич – лаборант-исследователь отдела анализа риска для здоровья (e-mail: fokin@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

2. Провести гигиеническое исследование по оценке риска здоровью населения, связанного с химическим загрязнением атмосферного воздуха и воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

3. Выявить приоритетные факторы опасности на основании результатов оценки риска здоровью населения г. Москвы, связанного с негативным воздействием загрязнения среды обитания.

Материалы и методы. При сравнительной гигиенической характеристике атмосферного воздуха и воды хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Москвы и Российской Федерации за период 2011–2014 гг. использовались данные государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» и «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве» за 2012, 2013 и 2014 г. [4–9].

Дополнительные факторы риска здоровью (химические примеси в атмосферном воздухе и воде) уточнялись по данным социально-гигиенического мониторинга.

Оценка риска здоровью, связанного с негативным воздействием загрязнения атмосферного воздуха и воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, осуществлялась по критериям, приведенным в [13]. Было проведено установление причинно-следственной обусловленности развития вредных эффектов при действии веществ. При оценке реальной опасности вредных эффектов вследствие ингаляционного и перорального воздействия химических веществ определялись канцерогенные и острые и хронические неканцерогенные эффекты. Уровни неканцерогенного риска оценивались путем сравнения фактических уровней экспозиции химических веществ с безопасными уровнями воздействия. Коэффициенты опасности (HQ) рассчитывались для острого и хронического воздействия. При оценке комплексного воздействия на здоровье населения в воздухе и в воде всех химических соединений рассчитывались индексы опасности (HI) с учетом критических органов (систем), поражаемых исследуемыми веществами.

При оценке воздействия вредных веществ в атмосферном воздухе г. Москвы использовались данные натурных исследований атмосферного воздуха, полученные на стационарных постах г. Москвы за период с 2011 по 2013 г. Оценка риска здоровью городского населения проводилась с использованием данных о сред-

негодных концентрациях веществ в системе централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения за 2011–2013 гг.

Информация о среднегодовой концентрации химических веществ в атмосферном воздухе и системе централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения по административным округам г. Москвы была объединена в единый массив данных. Данные о координатах постов наблюдения и значениях показателей нанесены на электронную карту г. Москвы, после чего была проведена интерполяция и экстраполяция данных.

Для получения картины распространения уровня среднегодовых концентраций химических веществ в атмосферном воздухе проводили аппроксимацию (интер- и экстраполяцию) данных постов наблюдения на всю территорию города. Для этого на электронную карту территории города были нанесены контрольные точки в виде регулярной сетки общей площадью 3240 км², размером 54×60 км и шагом узлов сетки 200×200 м. После проведения процедуры аппроксимации данных рассчитаны средние значения показателей по административным округам.

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Москвы и ряда крупных мировых городов, таких как Париж, Лондон, Стокгольм, Берлин, по данным 2012 г. свидетельствуют, что в целом уровень загрязнения воздушного бассейна в г. Москве сравним с таковым в других городах [12]. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ во всех рассматриваемых городах характеризуются высокой пространственной изменчивостью. Максимальный уровень загрязнения атмосферного воздуха как в Москве, так и в других крупных городах отмечается на территориях, прилегающих к крупным автотрассам.

По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека в Российской Федерации уровень загрязнения атмосферного воздуха с 2011 по 2014 г. постепенно снижается [6–8]. В 2011 г. доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК_{мр} составляла 1,5 %, а в 2014 г. уже 1,1 %.

Загрязнение атмосферного воздуха в Москве по данным социально-гигиенического мониторинга ниже, чем в целом по стране: удельный вес нестандартных проб воздуха в 2014 г.

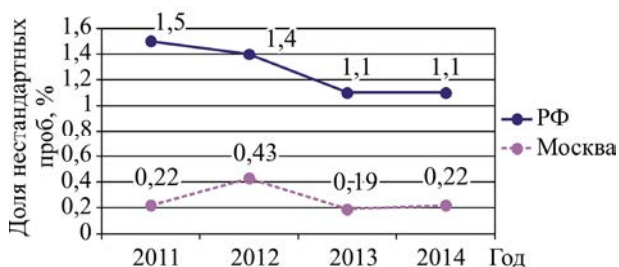


Рис. 1. Динамика загрязнения атмосферного воздуха в РФ и в г. Москве, %

находился на уровне 2011 г. – 0,22 %. В 2012 г. наблюдалось увеличение доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК_{мр} до 0,43 % (рис. 1).

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит автомобильный транспорт, превышение гигиенических нормативов загрязняющих веществ чаще всего регистрируется вблизи автомагистралей, как в Москве, так и в целом по стране. Например, в 2011 г. в Российской Федерации доля нестандартных проб атмосферного воздуха на автомагистралях в зоне жилой застройки составляла 2,5 %, в зоне влияния промышленных предприятий – 0,98 %. В Москве в 2011 г. зарегистрировано 1,37 % нестандартных проб атмосферного воздуха вблизи автомагистралей в зоне жилой застройки, 0,1 % – в зоне влияния промышленных предприятий. В последующие годы наметилась тенденция к значительному улучшению качества атмосферного воздуха в зонах влияния выбросов городских автомагистралей: в 2012 г. доля нестандартных проб атмосферного воздуха составила 0,42 %, в 2013 г. – 0,06 %. В 2014 г. проб, превышающих гигиенические нормативы, зафиксировано не было. В Российской Федерации наблюдается аналогичная динамика: в 2014 г., по сравнению с 2011 г., доля неудовлетворительных проб воздуха снизилась на 0,97 %

К загрязняющим веществам, в отношении которых регистрируются превышения гигиенических нормативов, в Российской Федерации относятся: взвешенные вещества (до 3,10 %), серы диоксид (до 0,62 %), дигидросульфид (до 1,83 %), углерода оксид (до 1,97 %), азота диоксид (до 0,95 %), азота оксид (до 0,52 %), аммиак (до 0,85 %), фенол (до 2,32 %), формальдегид (до 2,02 %), серная кислота (до 0,55 %), бенз(а)пирен (до 2,71 %), фтор и его соединения (в пересчете на фтор) (до 1,27 %), фтористый водород (до 1,46 %), хлор и его соединения (до 1,22 %), хлористый водород (до 1,45 %), углеводороды (до 0,86 %), бензол (до 0,46 %),

толуол (до 0,34 %), ксилол (до 1,11 %), алифатические предельные углеводороды (до 1,24 %), алифатические непредельные углеводороды (до 1,24 %), свинец (до 0,80 %), кадмий (до 0,41 %), марганец (до 0,44 %) (табл. 1).

По отдельным веществам (фенол, фтор и его соединения, бензол, толуол и марганец) наблюдается рост превышения доли ПДК_{мр} в атмосферном воздухе в 2011–2014 гг. В отношении таких веществ, как сероводород (дигидросульфид), формальдегид, бенз(а)пирен, фтористый водород, углеводороды, можно отметить, что доля нестандартных проб нарастала с 2011 по 2013 г., а в 2014 г. снизилась, и темп прироста оказался отрицательным к 2011 г. (см. табл. 1)

В Москве в период с 2011 по 2014 г. регистрировалось превышение гигиенических нормативов по содержанию взвешенных веществ, дигидросульфида, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, аммиака, фенола, формальдегида, хлора и его соединений, хлористого водорода, углеводородов, углеводородов алифатических предельных. В отношении сероводорода, оксида углерода, диоксида азота, аммиака, бенз(а)пирена наблюдался рост превышения доли ПДК_{мр} в атмосферном воздухе.

Вообще частота превышения максимально разовых предельно допустимых концентраций химических веществ в атмосферном воздухе г. Москвы ниже, чем в целом по Российской Федерации. Динамика изменения доли нестандартных проб атмосферного воздуха соответствует среднероссийской, однако в отношении ряда загрязнителей отмечаются некоторые различия. Так, основные химические примеси атмосферного воздуха в РФ, по которым отмечается рост нестандартных проб – это гидроксibenзол и его производные, фтор и его соединения, бензол, толуол, марганец. В Москве такими приоритетными загрязнителями являются сероводород, оксид углерода, диоксид азота, аммиак, бенз(а)пирен. Этот перечень компонентов нуждается в уточнении и, возможно, в расширении по результатам мониторинга и оценки риска.

Кроме примесей атмосферного воздуха на здоровье населения могут оказывать влияние и химические вещества, содержащиеся в питьевой воде.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Москвы в основном построено на использовании поверхностных вод, в которых зафиксировано наличие вредных компонентов, образующихся в результате обеззараживания воды,

Таблица 1

Доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК_{мр} отдельных загрязнителей
в городских поселениях РФ и г. Москве, %

Вещество	Российская Федерация					Москва				
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Темп прироста	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Темп прироста
Взвешенные вещества	3,10	2,48	2,03	1,91	-38,4	0,31	0,23	0,13	0,06	-80,6
– серы диоксид	0,53	0,62	0,41	0,42	-20,8	0,00	0,09	0,00	0,00	–
– дигидросульфид	1,64	1,73	1,83	0,97	-40,9	0,45	2,55	0,89	0,60	33,3
Углерода оксид	1,97	1,59	1,32	1,15	-41,6	0,09	0,52	0,15	0,13	44,4
Азота диоксид	0,95	0,93	0,71	0,82	-13,7	0,03	0,64	0,10	0,59	1866,7
– азота оксид	0,52	0,39	0,41	0,35	-32,7	7,03	0,00	0,00	0,00	-100,0
Аммиак	0,84	0,85	0,66	0,41	-51,2	0,00	0,85	1,17	0,30	100,0
Фенол	2,10	1,70	2,19	2,32	10,5	0,09	0,00	0,07	0,02	-77,8
– формальдегид	1,98	1,83	2,02	1,69	-14,6	0,07	0,38	0,34	0,00	-100,0
– серная кислота	0,08	0,13	0,55	0,11	37,5	0,00	0,00	0,006	0,00	–
– бенз(а)пирен	1,82	1,96	2,71	1,43	-21,4	0,00	0,00	0,00	0,22	100,0
– фтор и его соединения (в пересчете на фтор)	0,72	1,27	1,46	1,30	80,6	0,00	0,00	0,00	0,00	–
– фтористый водород	0,83	1,46	1,30	0,74	-10,8	0,00	0,00	0,00	0,00	–
– хлор и его соединения	1,22	0,64	0,79	0,70	-42,6	0,48	0,90	0,21	0,00	-100,0
– хлористый водород	1,45	0,73	0,93	0,92	-36,6	0,84	0,92	0,21	0,00	-100,0
– углеводороды	0,76	0,89	0,38	0,41	-46,1	0,36	0,21	0,06	0,13	-63,9
Бензол	0,26	0,46	0,15	0,33	26,9	0,02	0,05	0,00	0,00	-100,0
Толуол	0,30	0,33	0,15	0,34	13,3	0,00	0,00	0,00	0,00	–
Ксилол	1,07	1,11	0,44	0,72	-32,7	0,00	0,00	0,00	0,00	–
Алифатические предельные	1,09	1,23	0,44	0,27	-75,2	0,62	0,38	0,07	0,25	-59,7
Алифатические непредельные	1,24	0,85	1,08	0,13	-89,5	0,00	0,00	0,00	0,00	–
Свинец	0,80	0,37	0,28	0,39	-51,2	0,00	0,00	0,00	0,00	–
Кадмий	0,04	0,41	0,00	0,00	-100	0,00	1,37	0,00	0,00	–
Марганец	0,08	0,44	0,00	0,35	337,5	0,00	4 из 39	0,00	0,00	–

а также подземных источников, характеризующихся содержанием металлов.

В 2014 г. обеспечено доброкачественной питьевой водой 99,6 % населения Москвы, это доля немного снизилась по сравнению с 2011 г. (99,98 %). В целом по Российской Федерации этот показатель составляет всего 63,9 %, но по сравнению с 2011 г. доля населения, обеспеченного доброкачественной питьевой водой, в стране выросла на 3,7 %.

В Москве в 2014 г. резко возросло число источников водоснабжения, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям (до 65,8 %; в 2013 г. – 19,7 %). Возможно, это связано с присоединением в 2012 г. новых территорий [11]. Доля источников водоснабжения, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям, в Москве выше, чем в целом по стране. Так, в Российской Федерации с 2012 по 2014 г. этот показатель составлял 15,8 %.

Основные поверхностные источники г. Москвы в период с 2011 по 2014 г. не соответство-

вали гигиеническим требованиям (табл. 2). Такое качество обусловило долю неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям из поверхностных источников: 84,7 % – в 2014 г., которая выросла по сравнению с 2011 г. на 29,2 %. Однако с 2013 г. все же имеется некоторая положительная тенденция: доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, снижается на 11,1 %, хотя и остается на высоком уровне. Темпы прироста доли неудовлетворительных проб воды, отоб-

Таблица 2

Источники водоснабжения, не отвечающие санитарно-эпидемиологическим требованиям, %

Территория	Источники	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Российская Федерация	Поверхностные	35,7	34,9	35,0	35,2
	Подземные	15,8	15,4	15,4	15,3
	Всего источников	16,2	15,8	15,8	15,7
Москва	Поверхностные	100	100	100	100
	Подземные	32,5	16,5	14,1	64,9
	Всего источников	40,8	21,9	19,7	65,8

Таблица 3

Удельный вес проб воды, не соответствующих санитарным требованиям по санитарно-химическим показателям, из централизованных источников водоснабжения Российской Федерации и г. Москвы, %

Территория	Источник	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
РФ	Поверхностный	21,2	22,2	22,7	22,8
	Подземный	30,7	29,4	29,7	27,9
Москва	Поверхностный	55,5	52,8	95,8	84,7
	Подземный	59,4	58,2	48,4	49,2

ранных из подземных источников водоснабжения Москвы, отрицательные (с 59,4 % в 2011 г. до 49,2 % в 2014 г.).

В целом по Российской Федерации эти показатели ниже, чем в Москве: доля неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям из поверхностных источников меняется незначительно от 21,2 % (в 2011 г.) до 22,8 % (в 2014 г.), из подземных источников – от 30,7 % (в 2011 г.) до 27,9 % (в 2014 г.) (табл. 3).

Хотя для источников централизованного водоснабжения характерны высокие показатели неудовлетворительных проб воды, в разводящей сети наблюдается тенденция к улучшению ее качества, особенно в Москве.

Здесь доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, из распределительной сети централизованного водоснабжения составила 2,4 % (2014 г.), этот показатель снизился по сравнению с 2011 г. на 1,1 %. В РФ отмечался более высокий уровень данного показателя – 15,5 % (2014 г.), хотя и зафиксирована тенденция к его снижению с 2011 г. на 1,4 %.

Качество питьевой воды систем централизованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям в Российской Федерации в период с 2011–2014 гг. определялось наличием таких химических примесей, как железо (15,1 % нестандартных проб в 2014 г.), кремний (20,5 % в 2014 г.), марганец (7,1 % в 2014 г.), алюминий (2,4 % в 2014 г.), аммиак (1,7 % в 2014 г.), хлороформ (11,3 % в 2014 г.), бор (8,6 % в 2014 г.), хлориды (8,6 % в 2014 г.), натрий (13,9 % в 2014 г.).

В Москве на качество питьевой воды систем централизованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям оказывало влияние содержание железа (1,9 % нестандартных проб в 2013 г. и 2,2 % – в 2014 г.).

Таким образом, в разводящей сети систем централизованного водоснабжения г. Москвы

регистрируется низкая доля неудовлетворительных проб воды в сравнении с РФ – 2,4 и 15,5 % соответственно (2014 г.). В РФ приоритетными химическими примесями в воде из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, по которым отмечается превышение гигиенических нормативов, являются железо, кремний, марганец, алюминий, аммиак, бор, натрий, хлороформ и хлориды. В то время как в Москве основное количество неудовлетворительных проб воды по санитарно-химическим показателям обусловлено превышением железа.

В ходе проведения гигиенической характеристики атмосферного воздуха и воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в Москве выбраны приоритетные загрязнители, по которым отмечается рост нестандартных проб, для атмосферного воздуха – это сероводород, оксид углерода, диоксид азота, аммиак, бенз(а)пирен, в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения таким приоритетным веществом является железо.

Поскольку неблагоприятное влияние на здоровье населения могут оказывать и вещества, содержание которых в атмосферном воздухе и воде не превышает гигиенических нормативов, целесообразно данный перечень приоритетных загрязняющих веществ в г. Москве расширить по результатам оценки риска для здоровья населения.

На этапе идентификации опасности в качестве приоритетных загрязнителей воздуха Москвы были выбраны азота (II) оксид (азота оксид), азота (IV) оксид (азота диоксид), аммиак, бензол, взвешенные вещества, бромдихлорметан, гидроксibenзол (фенол), диметилбензол (ксилол), метилбензол (толуол), дигидросульфид (сероводород), озон, пропан-2-он (ацетон), серы диоксид (ангидрид сернистый), углерода оксид, формальдегид, свинец и его соединения. Из них канцерогенным действием обладают бромдихлорметан, формальдегид, свинец и бензол.

Результаты оценки экспозиции представлены в табл. 4.

Превышение содержания химических примесей в воздухе г. Москвы за период 2011–2013 гг. выявлено для диоксида азота, оксида азота, озона, аммиака, взвешенных веществ, формальдегида (для средних концентраций за год), а также для оксида углерода, гидроксibenзола, диоксида азота, взвешенных веществ, формальдегида (для максимальных

Таблица 4

Сведения о максимальных и средних концентрациях за год веществ в атмосферном воздухе г. Москвы по округам за период с 2011 по 2013 г. (мг/м³)

Вещество	Средние концентрации за год	ПДК _{сс} , мг/м ³	Округ	Максимально разовые концентрации	ПДК _{мр} , мг/м ³	Округ
Углерода оксид	До 2,028	3,0	ВАО	До 19,3	5,0	ЮВАО
Пропан-2-он (ацетон)	До 0,099	–	ЮЗАО	До 0,050	0,35	САО
Дигидросульфид (сероводород)	До 0,003	–	ЮВАО	До 0,006	0,008	ЮВАО
Свинец и его неорганические соединения	До 0,0001	0,0003	ЮАО	–	0,001	–
Бромдихлорметан	До 0,001	–	Зеленоградский АО, СЗАО	–	–	–
Серы диоксид (ангидрид сернистый)	До 0,044	0,05	ЮАО	До 0,470	0,5	ЮВАО
Азота (II) оксид (азота оксид)	До 0,067	0,06	ЮАО	–	0,4	–
Диметилбензол (ксилол)	До 0,032	–	ЦАО	До 0,050	0,2	ЮАО
Метилбензол (толуол)	До 0,060	–	ЦАО	До 0,150	0,6	ЮАО
Озон	До 0,049	0,03	Зеленоградский АО	–	0,16	–
Гидроксibenзол (фенол)	До 0,004	0,01	Зеленоградский АО	До 0,055	0,003	ЮВАО
Бензол	До 0,024	0,1	СВАО	До 0,226	0,3	ЮВАО
Аммиак	До 0,069	0,04	Зеленоградский АО	До 0,080	0,2	ЮАО
Азота диоксид (азота (IV) оксид)	До 0,068	0,04	САО	До 0,800	0,2	ВАО
Взвешенные вещества	До 0,199	0,15	ЗАО	До 1,200	0,5	ВАО
Формальдегид	До 0,015	0,003	ЦАО	До 0,108	0,035	ЦАО

концентраций). Превышение гигиенических нормативов вредных веществ в атмосферном воздухе чаще всего регистрировалось в Южном, Зеленоградском, Западном, Центральном, Восточном и Юго-Восточном административных округах.

В Москве в 2011–2013 гг. регистрировались неприемлемые уровни индивидуального канцерогенного риска, связанные с воздействием бензола (от $4,09 \cdot 10^{-6}$ до $1,82 \cdot 10^{-4}$ в 2013 г.) и формальдегида (от $5,33 \cdot 10^{-5}$ в 2012 г. до $1,91 \cdot 10^{-4}$ в 2013 г.). Суммарный индивидуальный канцерогенный риск для г. Москвы составляет от $7,49 \cdot 10^{-5}$ в 2012 г. до $7,77 \cdot 10^{-4}$, что соответствует третьему диапазону уровней риска, который является неприемлемым для населения в целом (рис. 2, а). Появление такого уровня риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. Наибольший вклад в величину суммарного канцерогенного риска вносит формальдегид.

В период 2011–2013 гг. на территории г. Москвы приоритетными веществами, участвующими в формировании острого неканцерогенного риска здоровью, являлись бензол (HQ до 1,5 в 2012 г.), азота диоксид (HQ до 1,7 в 2013 г.), взвешенные вещества (HQ до 4 в 2012 г.), формальдегид (HQ до 2,25 в 2013 г.). За указанный выше период на территории г. Москвы регистрировались недопустимые уровни острого неканцерогенного риска в отношении органов дыхания (HI до 6,06 в 2012 г.), глаз (HI до

2,25 в 2013 г.), иммунной и репродуктивной систем (HI до 1,51 в 2012 г.), процессов развития (HI до 2,35 в 2012 г.) и системного воздействия (HI до 4,00 в 2012 г.).

Острый неканцерогенный риск в отношении органов дыхания формируется за счет комбинированного воздействия взвешенных веществ (вклад 58,0 %), диоксида серы (15,3 %), азота диоксида (11,08 %), а также фенола, ксилола, толуола, сероводорода, формальдегида и аммиака. Острый неканцерогенный риск в отношении воздействия на иммунную и репродуктивную системы обусловлен воздействием бензола. Возникновение дополнительных случаев заболеваний глаз связано с комбинированным воздействием аммиака (16,53 %), фенола (6,61 %), толуола (61,98 %) и формальдегида (14,88 %). Острый неканцерогенный риск в отношении процессов развития формируется за счет комбинированного воздействия оксида углерода (99,48 %) и бензола (0,52 %). Острый неканцерогенный риск в отношении системного действия обусловлен воздействием взвешенных веществ.

Приоритетными по уровню острого неканцерогенного риска являются Восточный, Зеленоградский и Юго-Восточный административные округа г. Москвы (рис. 2, б).

При оценке хронического неканцерогенного риска выявлено превышение значений коэффициентов опасности по оксиду азота (HQ 1,12 в 2011 г.), диоксиду азота (HQ до 1,69

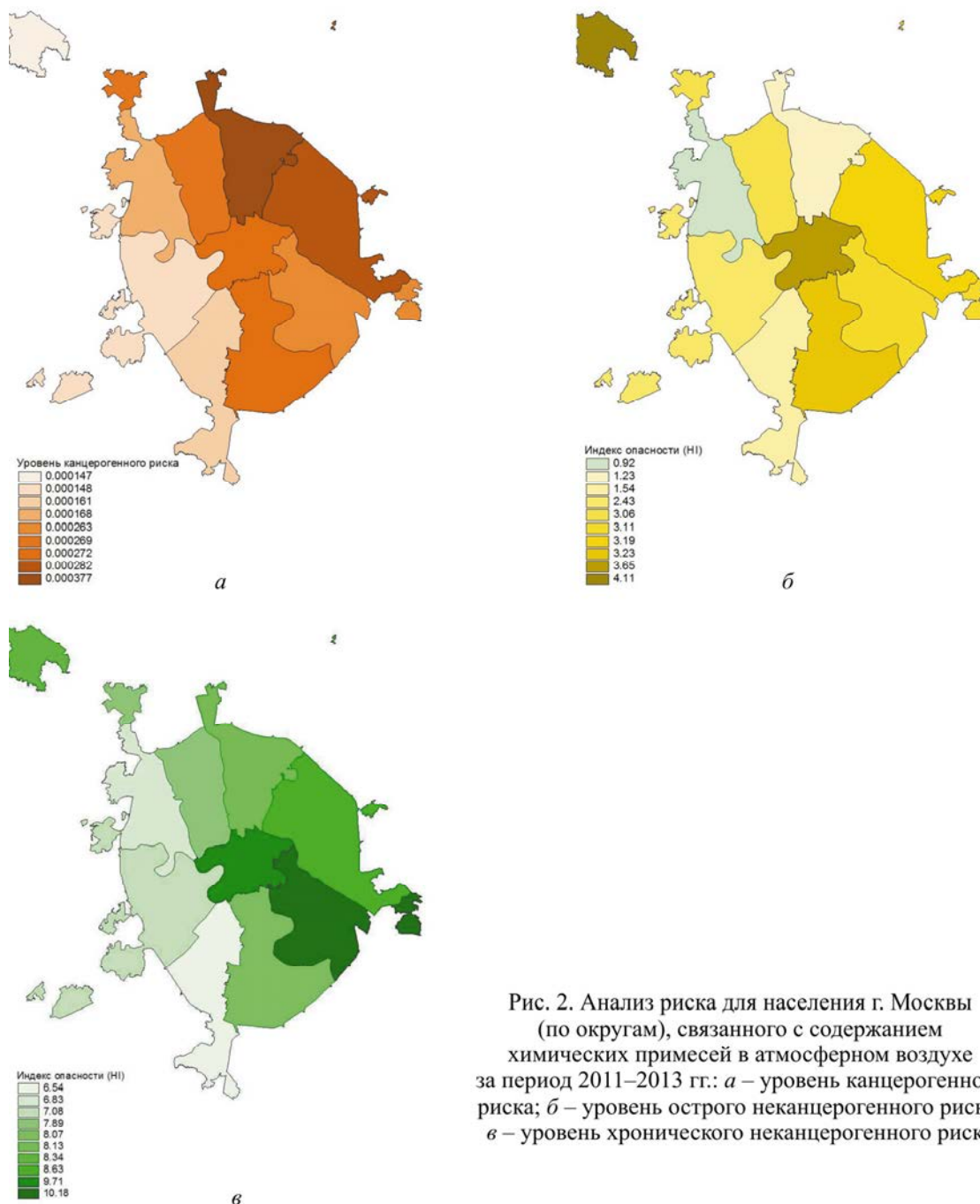


Рис. 2. Анализ риска для населения г. Москвы (по округам), связанного с содержанием химических примесей в атмосферном воздухе за период 2011–2013 гг.: *а* – уровень канцерогенного риска; *б* – уровень острого неканцерогенного риска; *в* – уровень хронического неканцерогенного риска

в 2012 г.), взвешенным веществам (HQ до 2,65 в 2011 г.), формальдегиду (HQ до 4,85 в 2013 г.) и озону (HQ до 1,62 в 2012 г.). Наибольшие уровни хронического неканцерогенного риска составляют: для органов дыхания – до 10,64 в 2012 г., для иммунной системы и глаз – 4,85 в 2013 г., для системы крови – до 3,37 в 2011 г., для ЦНС – до 2,16 в 2011 г., для процессов развития – до 1,51 в 2011 г., для сердечно-сосудистой системы – до 1,68 в 2011 г. Приоритетными

по уровню хронического неканцерогенного риска являются Восточный, Юго-Восточный и Южный административные округа (рис. 2, *в*).

Хронический неканцерогенный риск в отношении органов дыхания формируется за счет комбинированного воздействия формальдегида (вклад 41,7 %), азота диоксида (15,5 %), озона (14,6 %), взвешенных веществ (11,0 %), а также азота оксида, аммиака, фенола, ксилола, толуола, ангидрида сернистого. Хронический некан-

церогенный риск в отношении хронического воздействия на иммунную систему и глаза обусловлен формальдегидом. Возникновение дополнительных случаев заболеваний системы крови обусловлено комбинированным воздействием азота диоксида (41,6 %), азота оксида (33,2 %), бензола (17,9 %), ацетона и свинца. Хронический неканцерогенный риск в отношении:

– центральной нервной системы формируется за счет комбинированного воздействия бензола (28,1 %), оксида углерода (26,4 %), фенола (23,5 %), свинца (11,1 %), ксилола, толуола и ацетона;

– процессов развития – за счет комбинированного воздействия бензола (40,2 %), оксида углерода (37,7 %), свинца (15,8 %), толуола и бромдихлорметана;

– процессов сердечно-сосудистой системы – за счет комбинированного воздействия бензола (36,0 %), оксида углерода (33,8 %) и фенола (30,2 %).

На этапе идентификации опасности при оценке риска здоровью населения г. Москвы в качестве приоритетных химических веществ в воде систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения были выбраны следующие химические вещества: свинец, аммиак и аммоний ион, стронций, тетрахлорметан, трихлорметан, барий, фтор, хлор, хром (III), хром (VI), бор, алюминий, железо, кадмий, литий, мышьяк, никель.

Для оценки экспозиции рассчитаны средние концентрации химических веществ в воде (табл. 5).

По данным социально-гигиенического мониторинга превышение содержания ПДК в воде отмечается для хрома (IV), мышьяка и кадмия.

В г. Москве в 2011–2013 гг. регистрировались неприемлемые уровни индивидуального канцерогенного риска, связанные с воздействием мышьяка (до $1,5 \cdot 10^{-4}$ в 2011 г.) и хрома (VI) (до $1,1 \cdot 10^{-4}$ в 2013 г.). Приоритетными по уровню суммарного канцерогенного риска здоровью населения от воздействия химических веществ воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения являются Восточный, Зеленоградский, Северный, Северо-Восточный и Северо-Западный административные округа.

При оценке хронического неканцерогенного риска не выявлено превышений значений коэффициентов опасности по исследуемым веществам. Индексы опасности, рассчитанные при оценке риска хронического воздействия

Таблица 5

Сведения о максимальной среднегодовой концентрации веществ за период 2011–2013 гг. в воде систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Москвы, мг/м³

Вещество	ПДК	Средняя концентрация за год
Свинец	0,03	До 0,03
Аммиак и аммоний ион	–	До 0,01
Стронций	7	До 0,01
Тетрахлорметан	–	До 0,04
Трихлорметан (хлороформ)	0,2	До 0,09
Барий	0,1	До 0,02
Фтор	–	До 0,22
Хлор	–	До 0,22
– остаточный свободный	В пределах 0,3–0,5	–
– остаточный связанный	В пределах 0,8–1,2	–
Хром III	–	0
Хром VI	0,05	До 0,2
Бор	0,5	До 0,01
Алюминий	0,5	0
Железо	0,3	До 0,02
Кадмий	0,001	До 0,03
Литий	–	До 0,02
Мышьяк	0,05	До 0,78
Никель	0,1	До 0,02

вредных веществ в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения города Москвы за период с 2011 по 2013 г., не превышают допустимых значений по всем административным округам.

По итогам оценки риска здоровью установлено, что данные концентрации химических веществ в воде хозяйственно-питьевого водоснабжения не формируют неприемлемых хронических неканцерогенных рисков, однако в Восточном, Зеленоградском и Северо-Западном административных округах регистрируются неприемлемые уровни индивидуального канцерогенного риска, связанные с воздействием мышьяка (до $1,50 \cdot 10^{-4}$ в 2011 г.) и хрома (VI) (до $1,11 \cdot 10^{-4}$ в 2013 г.).

Выводы. По данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека по городу Москве приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха по критерию роста доли проб с превышением гигиенических нормативов являются гидроксibenзол и его производные, фтор и его соединения, бензол, толуол, марганец. Для воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Москвы таким веществом является железо.

В результате оценки риска здоровью населения г. Москвы, связанного с негативным воздействием атмосферного воздуха, установлено, что неприемлемый риск здоровью формируют такие химические примеси, как бензол, азота диоксид, взвешенные вещества, формальдегид, оксид азота, озон. При этом приоритетными критическими органами и системами являются органы дыхания, глаза, иммунная и репродуктивная системы, процессы развития. Приоритетными территориями Москвы, где регистрируются неприемлемые уровни риска, являются Восточный, Зеленоградский, Юго-Восточный и Южный административные округа. В 2011–2013 гг. в Москве регистрировались неприемлемые уровни канцерогенного риска, связанные с ингаляционным воздействием бензола (до $1,82 \cdot 10^{-4}$) и формальдегида (до $1,91 \cdot 10^{-4}$). Суммарный канцерогенный риск составлял до $7,77 \cdot 10^{-4}$, что является неприемлемым для населения в целом.

По итогам оценки риска здоровью установлено, что химические вещества в воде хозяйственно-питьевого водоснабжения не формируют неприемлемых неканцерогенных рисков, однако в Восточном, Зеленоградском, и Северо-Западном административных округах регистрируются неприемлемые уровни индивидуального канцерогенного риска, связанные с воздействием мышьяка и хрома (IV).

По результатам гигиенической характеристики загрязнения среды обитания и оценке риска здоровью населения г. Москвы, связанного с негативным его воздействием, в качестве приоритетных факторов опасности можно определить: бензол, азота диоксид, взвешенные вещества, формальдегид, оксид азота, озон – для атмосферного воздуха, а также мышьяк и хрома (IV) – для воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Список литературы

1. Влияние загрязнения атмосферного воздуха химическими соединениями на медико-биологические показатели состояния здоровья жителей Москвы / Ю.А. Рахманин, Л.В. Хрипач, Е.В. Железняк, И.Е. Зыкова, С.М. Новиков, И.Ф. Волкова, С.А. Скворцов // Прикладная токсикология. – 2011. – Т. 2, № 4. – С. 38–47.
2. Влияние химического загрязнения атмосферного воздуха Москвы на здоровье населения / Н.Н. Филатов, В.М. Глиненко, С.Г. Фокин, М.В. Ефимов, В.В. Муратов, А.С. Балакирева // Гигиена и санитария. – 2009. – № 6. – С. 82–84.
3. Гизатулина Т.А., Скрипко Т.В. Состояние атмосферного воздуха в мегаполисе // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность! – 2013. – № 2. – С. 116–118.
4. Лим Т.Е., Фридман К.Б., Шусталов С.Н. Модель изучения риска для здоровья населения от загрязнений автомобильным транспортом // Экология человека. – 2011. – № 8. – С. 3–7.
5. Малышев В.П. Основные угрозы и опасности для жителей крупных городов // Проблемы анализа риска: науч. журн. – 2006. – Т. 3, № 4. – С. 338–345.
6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2012 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2013. – 176 с.
7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2014. – 191 с.
8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. – 206 с.
9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве в 2012 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2013. – 205 с.
10. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве в 2013 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2014. – 213 с.
11. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве в 2014 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. – 233 с.
12. О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году: доклад / под ред. А.О. Кульбачевского. – М.: ДПиООС; НИА-Природа, 2015. – 384 с.

13. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

14. Фокин С.Г. Оценка воздействия на население Москвы загрязнений атмосферного воздуха канцерогенными веществами // Гигиена и санитария. – 2010. – № 3. – С. 18–20.

References

1. Gizatulina T.A., Skripko T.V. Sostojanie atmosfernogo vozduha v megapolise [Status of ambient air in megalopolis] *Rossija molodaja: peredovye tehnologii – v promyshlennost'*, 2013, no. 2, pp. 116–118. (in Russian).

2. Lim T.E., Fridman K.B., Shustalov S.N. Model' izuchenija riska dlja zdorov'ja naselenija ot zagriznenij avtomobil'nym transportom [Model of study of health risk to the population caused by road transport contamination]. *Jekologija cheloveka*, 2011, no. 8, pp. 3–7. (in Russian).

3. Malyshev V.P. Osnovnye ugrozy i opasnosti dlja zhitelej krupnyh gorodov [The main threats and dangers to the inhabitants of large cities]. *Problemy analiza riska*, 2006, vol. 3, no. 4, pp. 338–345. (in Russian).

4. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2012 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2012: State Report]. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2013, 176 p. (in Russian).

5. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2013 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2013: State Report]. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2014, 191 p. (in Russian).

6. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2014 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2014: State Report]. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2015, 206 p. (in Russian).

7. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v gorode Moskve v 2012 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2012: State Report]. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2013, 205 p. (in Russian).

8. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v gorode Moskve v 2013 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2013: State Report]. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2014, 213 p. (in Russian).

9. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v gorode Moskve v 2014 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2014: State Report]. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2015, 233 p. (in Russian).

10. Kul'bachevskij A.O. O sostojanii okružhajushhej sredy v gorode Moskve v 2014 godu: doklad [On the state of the environment in the city of Moscow in 2014: report]. Moscow: DPiOOS; NIA-Priroda, 2015, 384 s. (in Russian).

11. Rahmanin Ju.A., Hripach L.V., Zheleznyak E.V., Zykova I.E., Novikov S.M., Volkova I.F., Skvorcov S.A. Vlijanie zagriznenija atmosfernogo vozduha himicheskimi soedinenijami na mediko-biologicheskie pokazateli sostojanija zdorov'ja zhitelej Moskvy [The impact of air chemical compounds pollution on health and biological indicators of the health of inhabitants of Moscow]. *Prikladnaja toksikologija*, 2011, vol. 2, no. 4, pp. 38–47. (in Russian).

12. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv, zagriznjajushhiju sredu R.2.1.10.1920-04 [Guidelines for assessing health risk in the population exposed to the chemicals polluting the environment R.2.1.10.1920-04]. Moscow: Federal'nyj centr Gossanepidнадзора Minzdrava Rossii, 2004, 143 p. (in Russian).

13. Filatov N.N., Glinenko V.M., Fokin S.G., Efimov M.V., Muratov V.V., Balakireva A.S. Vlijanie himicheskogo zagriznenija atmosfernogo vozduha Moskvy na zdorov'e naselenija [The impact of chemical air pollution on the health of the population of Moscow]. *Gigiena i sanitarija*, 2009, no. 6, pp. 82–84. (in Russian).

14. Fokin S.G. Ocenka vozdejstvija na naselenie Moskvy zagriznenij atmosfernogo vozduha kancerogennymi veshhestvami [Assessment of the impact on the population of Moscow air pollution carcinogens]. *Gigiena i sanitarija*, 2010, no. 3, pp. 18–20. (in Russian).

HYGIENIC CHARACTERISTICS OF THE PRIORITY ENVIRONMENTAL MEDIA AND RISK ASSESSMENT OF THEIR INFLUENCE: CASE STUDY IN MOSCOW CITY

E.E. Andreeva, P.Z. Shur, A.R. Klimenko, V.A. Fokin

Administration of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in Moscow, Russian Federation, Moscow,

Federal Budget Institution of Science “Federal Scientific Center of Medical-Preventive Health Risk Management Technologies”, Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya St., 614045

On the base of the comparison of pollutional indexes in the environmental media of the Russian Federation and Moscow city the priority pollutants in ambient air and in water from centralized drinking water supply of Moscow have been established. A hygienic study of the population in Moscow was conducted to assess health risk related to chemical pollution of the ambient air and water from the systems of the centralized drinking water supply. The results of hygienic characteristics of the habitat's pollution and health risk assessment among the population in Moscow have revealed that the priority risk factors negatively effecting the population are: benzene, nitrogen dioxide, weighed substances, formaldehyde, nitrogen oxide, ozone – for ambient air, and also arsenic and chrome (IV) – for water from the systems of the centralized drinking water supply.

Key words: *hygienic characteristic, health risk assessment, priority pollutants, megalopolis inhabitants.*

© Andreeva E.E., Shur P.Z., Klimenko A.R., Fokin V.A., 2015

Andreeva Elena Evgenievna – CM, professor, Head of Moscow Department of the Federal Service on Consumer Rights Protection and Human Well-being Surveillance. Chief Medical Officer of the city of Moscow (e-mail: uprav@77.rospotreb-nadzor.ru; tel.: +7 (495) 621-70-76).

Shur Pavel Zalmanovich – DSc in Medicine, Secretary of the Academic Council (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37).

Klimenko Alla Rafailovna – specialist in risk assessment of the health risks analysis' department (e-mail: klimenko@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37).

Fokin Vladimir Andreevich – assistant-researcher of the health risks analysis' department (e-mail: fokin@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37).