

**Оценка потенциального риска здоровью населения в районе влияния
объекта по уничтожению химического оружия «Камбарка»**

© 2015. Б. Н. Филатов¹, д.м.н., директор, Н. Г. Британов¹, к.м.н., зав. лабораторией,
Л. А. Доброшенко¹, с.н.с., В. В. Клаучек¹, д.м.н., зам. директора,
Т. И. Колодий¹, зам. зав. лабораторией, Н. В. Крылова¹, к.б.н., в.н.с.,
С. П. Лось², к.м.н., советник,

¹Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии
Федерального медико-биологического агентства России,

²Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: filatov@rihtop.ru

Целью исследования являлась оценка потенциального риска здоровью населения, проживающего в районе влияния объекта по уничтожению химического оружия «Камбарка» от воздействия аэрогенных поллютантов. Расчёт риска выполнен в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами в расчётном прямоугольнике, равномерно покрывающем территорию санитарно-защитной зоны объекта и зону защитных мероприятий. Установлено, что уровни индивидуального канцерогенного риска на всей расчётной территории квалифицируются как пренебрежимо малые и допустимые. Значения коэффициентов опасности острого воздействия для отдельных веществ и при аддитивном влиянии соответствуют приемлемому уровню. Потенциальные риски развития неканцерогенных эффектов от загрязнения атмосферного воздуха, создаваемого выбросами объекта «Камбарка», являются минимальными для неканцерогенного риска при хроническом воздействии и приемлемыми для хронического риска, рассчитанного по беспороговой модели.

The study was conducted to assess potential health risks of exposure to aerogenic pollutants in the impact area of the Kambarka chemical weapons destruction facility. All risk evaluations were carried out for a calculation rectangle uniformly covering the health protection zone and the protective action zone of the facility according to the applicable norms and regulations. Individual cancer risks throughout the assessed territory were established as negligible or permissible. The values of the acute exposure hazard coefficients for separate substances and for additive exposure corresponded to the acceptable level. The potential risks of non-carcinogenic effects of airborne releases from the Kambarka facility are minimal for the non-carcinogenic risk of chronic exposure and are acceptable for the risk of chronic exposure calculated using the no-threshold model.

Ключевые слова: объект уничтожения химического оружия, потенциальный риск здоровью населения, оценка риска, атмосферный воздух, приоритетные загрязнители.

Keywords: chemical weapons destruction facility, potential risk to human health, risk assessment, ambient air, high-priority contaminants.

Введение

Одной из главных задач в проблеме безопасности процесса ликвидации химического оружия в Российской Федерации является обеспечение защиты здоровья производственного персонала и населения, проживающего в районах расположения объектов по уничтожению химического оружия. Особенности расположения указанных производств характеризуются их размещением в густонаселённых регионах, в ряде случаев – в непосредственной близости от городов и населённых пунктов [1]. Негативное воздействие характерных для выбросов подобных объектов загрязнителей может осуществляться через все физические составляющие среды обитания, и, в первую

очередь, через атмосферный воздух в связи с возможностью поступления токсикантов в организм и трудностью защиты человека от аэрогенных поллютантов [2].

Основными критериями безопасного функционирования объектов по уничтожению химического оружия является отсутствие вредного влияния деятельности предприятия [1]. Одним из основных элементов программы сохранения благоприятной для человека среды обитания является методология оценки риска, рассматриваемая в качестве главного механизма разработки и принятия управленческих решений в области охраны здоровья населения, проживающего в районах расположения химически опасных объектов [3–5].

Объект по уничтожению химического оружия «Камбарка» – второй российский объект по уничтожению химического оружия, на котором процесс ликвидации отравляющих веществ кожно-нарывного действия полностью завершился в марте 2009 года. В настоящее время объект «Камбарка» продолжает функционировать в штатном режиме. Ведутся работы по подготовке предприятия к ликвидации последствий его деятельности.

Цель исследования: оценить потенциальный риск для здоровья населения, проживающего в районе влияния объекта по уничтожению химического оружия «Камбарка», от воздействия аэрогенных поллютантов.

Методика

Расчёт риска выполнялся в соответствии с положениями Федеральных законов и других нормативно-правовых документов [6–10].

В работе были использованы материалы, представленные в проекте нормативов допустимых выбросов в атмосферный воздух объекта по уничтожению химического оружия «Камбарка», материалы статистической отчетности предприятия – форма № 2-ТП (воздух) за 2014 год, метеофайл по г. Камбарка Удмуртской Республики, подготовленный специалистами Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, а также значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, установленные Удмуртским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

При оценке потенциального риска использовали методики расчёта индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности содержащихся в выбросах веществ и их предварительного ранжирования [8], математического моделирования рассеивания атмосферных загрязнителей [11], расчёта осреднённых за длительный период концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [12], расчёта потенциальных (неканцерогенного и канцерогенного) рисков для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [8] и расчёта хронического риска по беспороговой модели [13].

На этапе оценки экспозиции риска применялся метод математического моделирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от объекта на основе расчётной модели ОНД-86 [11] с реализацией при помощи Унифицированной программы расчёта

загрязнения атмосферы «Эколог» (версия 3) вариант «Стандарт» с учётом влияния застройки. Расчёт осреднённых за длительный период концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе осуществлялся с использованием приложения «Средние», реализующего положения «Методических указаний по расчёту осреднённых за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ». Расчёт потенциальных рисков для здоровья населения выполнялся при помощи расчётного блока «Риски», используемого совместно с программой «Эколог» (версия 3), основанного на рекомендациях «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [8].

Оценка риска для здоровья населения осуществлялась согласно положений действующих нормативно-методических документов и с учётом научных разработок [8, 13–15].

Результаты и их обсуждение

В настоящее время на объекте по уничтожению химического оружия «Камбарка» проводятся работы по переработке реакционных масс, образовавшихся после уничтожения остатков люизита, и дегазация внутренних поверхностей ёмкостей в хранилищах. В промзоне объекта насчитывается 50 источников выбросов, из них 48 – организованные. Источниками выделения загрязняющих веществ являются технологическое оборудование после дегазации бывших модулей детоксикации остатков люизита, печи сжигания жидких и твёрдых отходов, дизельная электростанция, котельная, ремонтно-механические мастерские и автотранспорт.

В атмосферу выбрасывается двадцать загрязняющих веществ в количестве 467,5 т/год. Наибольшие валовые объёмы выбросов в атмосферу обусловлены выбросами азота диоксида (1 ранговое место), углерод оксида (2 ранговое место) и ацетилена (3 ранговое место), которые составляют 85,3 % от общего выброса химических веществ в атмосферный воздух. На долю выбросов азота оксида, серы диоксида, водорода хлористого и угольной золы приходится 13,3 %.

При выборе приоритетных химических веществ с целью последующей количественной оценки риска здоровью населения анализировались доступные данные о параметрах токсичности и опасности веществ, величинах гигиенических нормативов и референтных концентраций.

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ОБЪЕКТОВ

Предварительное ранжирование потенциальных канцерогенов (табл. 1) проводили на основании индекса сравнительной канцерогенной опасности (HRIc), рассчитанного с учётом суммарной годовой эмиссии и весового коэффициента канцерогенного эффекта, устанавливаемого в зависимости от значения фактора канцерогенного потенциала и группы канцерогенности по классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР) [8].

Предварительное ранжирование компонентов, являющихся системными токсикантами (табл. 2), проводили по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности (HRI) [8].

По результатам ранжирования загрязняющих химических веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух объектом «Камбарка», были определены приоритетные вещества, подлежащие расчёту. Это вещества, имеющие

1–19 ранг по индексу сравнительной неканцерогенной опасности. Расчёт потенциального канцерогенного риска для здоровья населения проводился по всем веществам, обладающим указанным эффектом.

На этапе идентификации опасности были установлены основные органы и системы организма, на которые возможно воздействие приоритетных загрязняющих веществ при хроническом ингаляционном воздействии. Это дыхательная система, центральная нервная система, сердечно-сосудистая система, печень, почки, кровь, иммунная система, периферическая нервная система, а также возможно влияние на показатели смертности и развития населения.

Воздействие канцерогенных веществ способно привести к возникновению раковых заболеваний. Наиболее вероятным типом действия является суммация (аддитивный эффект).

Таблица 1

Ранжирование компонентов выбросов по степени опасности канцерогенных эффектов

CAS	Код	Название вещества	МАИР	Выброс, т/год	HRIc	Ранг
7440-38-2	325	Мышьяк, неорганические соединения в пересчете на мышьяк	1	0,409406	69599,02	1
-	328	Углерод (сажа)	1	5,146001	874,820	2
16065-83-1	228	Хрома (Cr ³⁺), неорганические соединения в пересчете на хром	3	0,002536	431,12	3
50-32-8	703	Бенз(а)пирен	2A	0,000054	0,918	4

Таблица 2

Ранжирование компонентов выбросов по степени неканцерогенной опасности

CAS	Код	Название вещества	Выброс, т/год	HRI	Ранг по HRI
7440-38-2	0325	Мышьяк, неорганические соединения в пересчете на мышьяк	0,409406	69599,02	1
10102-44-0	0301	Азота диоксид	154,875927	26328,09759	2
10102-43-9	0304	Азот оксид	32,15464	5466,2888	3
7446-09-5	0330	Сера диоксид	24,874043	4228,58731	4
7647-01-0	0316	Водород хлористый	15,791285	2684,51845	5
74-86-2	0528	Ацетилен	121,210709	2060,5821	6
-	0328	Углерод (сажа)	5,146001	874,82017	7
8008-20-6	2732	Керосин	0,129000	219,3	8
630-08-0	0337	Углерод оксид	122,850641	208,846089	9
-	3714	Угольная пыль	7,456041	126,7527	10
1310-73-2	0150	Натрий гидроксид	0,019983	33,9711	11
50-32-8	703	Бенз(а)пирен	0,000054	9,18	12
541-25-3	8005	Люизит	0,003558	6,0486	13
16065-83-1	228	Хром Cr ³⁺ , неорганические соединения в пересчете на хром	0,002536	4,3112	14
110-54-3	0403	Гексан	0,092260	1,56842	15
-	2754	Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	0,014663	0,249271	16
-	2908	Пыль неорганическая: 70–20 % SiO ₂	0,000274	0,04658	17
67-56-1	1052	Метиловый спирт	0,000316	0,00054	18
67-64-1	1401	Ацетон	0,000631	0,001073	19
7647-14-5	0152	Натрий хлорид	1,2031E-08	2,045E-06	20

На этапе оценки зависимости «доза–ответ» проводилась количественная характеристика токсикологической информации. В данном исследовании использовался основной параметр для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного агента с беспороговым механизмом действия – фактор канцерогенного потенциала, или фактор наклона (SF), характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу [8].

Для оценки неканцерогенного риска использовались референтные концентрации для острых ингаляционных воздействий (ARFC) и хронического ингаляционного поступления (RFC) [8]. При отсутствии референтной концентрации в качестве её эквивалента применялись предельно допустимые концентрации (ПДК) или ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) для атмосферного воздуха [16, 17].

Характеризуя неопределённости, следует отметить, что в работе не учитывалась возможная трансформация веществ, способная привести к изменению их количества и концентрации в атмосферном воздухе, и, соответственно, потенциального воздействия на здоровье. Указанная неопределённость распространяется и на этап оценки экспозиции. Отсутствие полных сведений и характеристик потенциальных вредных эффектов химических веществ, имею-

щих гигиенические нормативы в виде ОБУВ, добавляет неопределённости. Установленные неопределённости не повлияли на полноту и достоверность оценки рисков здоровью населения и не потребовали корректировки плана проведения исследований.

На этапе проведения оценки экспозиции основной задачей являлось получение информации о том, с какими реальными дозовыми нагрузками сталкиваются различные группы населения, то есть оценка ожидаемых максимальных и осреднённых экспозиционных нагрузок.

Учитывая цель исследования, за основу сценария воздействия был принят сценарий жилой зоны, при котором рассматривается хроническое (пожизненное) воздействие. Это предполагает оценку воздействия на жителей, постоянно проживающих в рассматриваемой местности, без учёта их дополнительной экспозиции к вредным веществам в процессе трудовой деятельности.

Расчёт показателей среднегодовых концентраций (и соответственно потенциальных рисков по этим концентрациям) был проведён в расчётном прямоугольнике, который равномерно покрывает территорию санитарно-защитной зоны (СЗЗ) объекта и зону защитных мероприятий (87 км²). Из общего количества расчётных точек в заданной сетке выбрано 8 точек расчёта показателей средних

Таблица 3

Индивидуальный канцерогенный риск (CR)

Вещество	Код	CR		
		минимальный	средний	максимальный
Хром (Cr ³⁺)	0228	*	*	*
Мышьяк	0325	*	1,16154E-05	0,000032
Сажа	0328	*	*	*
Сера диоксид	0330	*	*	*
Бенз(а)пирен	0703	*	*	*

Примечание: * – менее 1E-07

Таблица 4

Коэффициент опасности острого воздействия (HQ)

Вещество	Код	HQ		
		минимальный	средний	максимальный
Натрия гидроксид	0150	0,000117	0,003171692	0,004839
Азота диоксид	0301	0,178318	0,214454846	0,241462
Азота оксид	0304	0,059958	0,064872154	0,068258
Соляная кислота	0316	0,000071	0,001512462	0,002561
Мышьяк	0325	0,010868	0,206017615	0,317867
Сажа	0328	*	*	*
Сера диоксид	0330	0,019904	0,024121615	0,027245
Углерод оксид	0337	0,108721	0,109283385	0,109776
Ацетилен	0528	*	*	*
Угольная зола	3714	*	*	*
Люизит	8005	*	*	*

Примечание: * – менее 1E-07

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ОБЪЕКТОВ

Таблица 5

Коэффициент опасности хронического воздействия (HQ)

Вещество	Код	HQ		
		минимальный	средний	максимальный
Натрия гидроокись	0150	0,00001	0,000326	0,000854
Хром (Cr ³⁺)	0228	*	4,53846E-06	0,000013
Азота диоксид	0301	2,075000	2,075000	2,075000
Азота оксид	0304	0,716667	0,716667	0,716667
Соляная кислота	0316	0,000441	0,005676231	0,016325
Мышьяк	0325	0,006222	0,090509462	0,250504
Сажа	0328	0,000046	0,000561231	0,00161
Сера диоксид	0330	0,260000	0,260000	0,260000
Углерод оксид	0337	0,833333	0,833333	0,833333
Гексан	0403	*	*	*
Ацетилен	0528	0,000057	0,000985538	0,002773
Бенз(а)пирен	0703	0,000018	0,000268538	0,000869
Метиловый спирт	1052	*	*	*
Ацетон	1401	*	*	*
Керосин	2732	*	3,73846E-05	0,000094
Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	2754	*	*	*
Пыль неорганическая: 70-20 % SiO ₂	2908	*	*	*
Угольная зола	3714	0,000014	0,000170154	0,000489
Люизит	8005	*	8,07692E-06	0,000021

Примечание: * – менее 1E-07

Таблица 6

Риск хронического воздействия по беспороговой модели (Risk)

Вещество	Код	Risk		
		минимальный	средний	максимальный
Натрия гидроокись	0150	*	1,26154E-05	0,000164
Хром (Cr ³⁺)	0228	*	*	*
Азота диоксид	0301	0,071302	0,071302	0,071302
Азота оксид	0304	0,027385	0,027385	0,027385
Соляная кислота	0316	0,000001	4,28462E-05	0,00015
Мышьяк	0325	0,000044	0,001480692	0,004928
Сажа	0328	0,000002	2,16154E-05	0,000062
Сера диоксид	0330	0,010023	0,010023	0,010023
Углерод оксид	0337	0,048383	0,048383	0,048383
Гексан	0403	*	*	*
Ацетилен	0528	0,000002	3,82308E-05	0,000107
Бенз(а)пирен	0703	*	*	*
Метиловый спирт	1052	*	*	*
Ацетон	1401	*	*	*
Керосин	2732	*	1,30769E-06	0,000004
Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	2754	*	*	*
Пыль неорганическая: 70- 20 % SiO ₂	2908	*	*	*
Угольная зола	3714	*	*	*
Люизит	8005	*	*	*

Примечание: * – менее 1E-07

концентраций на границе СЗЗ, расположенных по восьми румбам, 3 точки на границе жилой зоны города Камбарка – ближайших к предприятию, а также точки в населённых пунктах Кама и Балаки, входящих в зону защитных мероприятий объекта.

На основании расчёта среднегодовых концентраций был выполнен расчёт потен-

циальных рисков для здоровья населения (таблицы 3–6).

Уровни индивидуального канцерогенного риска от воздействия сажи, хрома трёхвалентного и бенз(а)пирена на селитебной территории и границе СЗЗ соответствуют первому диапазону риска (<1,0E-06 – уровень De minimis). Подобные риски не требуют

никаких дополнительных мероприятий по их снижению, и их уровни подлежат только периодическому контролю. Уровни индивидуального канцерогенного риска от воздействия мышьяка на селитебной территории и на границе СЗЗ, а также суммарный канцерогенный риск соответствуют второму диапазону риска (более $1,0E-06$, но менее $1,0E-04$), то есть являются предельно допустимыми. Уровни загрязнения указанным веществом подлежат постоянному контролю.

Результаты ранжирования уровней неканцерогенных рисков для здоровья показали, что ведущими веществами по неканцерогенным эффектам являются азота диоксид, азота оксид, углерода оксид, сера диоксид и мышьяк. Значения коэффициентов опасности (HQ) острого воздействия, как для отдельных веществ, так и при аддитивном воздействии во всех реперных точках не превышают единицу. Такой уровень риска оценивается как приемлемый. Значения коэффициентов опасности (HQ) при хроническом воздействии и риск длительного (хронического) воздействия, рассчитанный по беспороговой модели, для большинства веществ является приемлемым на всей изучаемой территории, кроме риска развития неканцерогенных эффектов от воздействия азота диоксида. Значение HQ для азота диоксида равно 2,075, а Risk = 0,071302 во всех точках. Анализ полученных результатов показал, что повышенный уровень риска при воздействии азота диоксида вызван его высоким фоновым содержанием в атмосферном воздухе, создаваемым всеми источниками выбросов на рассматриваемой территории.

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном хроническом воздействии химических соединений проводилась на основе расчёта индекса опасности (таблица 7).

Полученные данные свидетельствуют, что при совместном действии химических веществ по их неканцерогенным эффектам (HI) отсутствует негативное влияние на большинство изучаемых органов и систем, так как индексы опасности находятся ниже допустимого уровня. Воздействие совокупности веществ на органы дыхания и кровь является настораживающим. При этом превалирующий вклад в величину индекса опасности вносит диоксид азота.

Учитывая неблагоприятный прогноз развития неканцерогенных эффектов, связанный с повышенным содержанием в атмосферном воздухе района расположения объекта «Камбарка» азота диоксида, представляло интерес выполнить расчёт потенциального риска для здоровья населения от выбросов предприятия без учёта фоновых концентраций (табл. 8), поскольку фоновая концентрация вредного вещества является характеристикой загрязнения атмосферы, создаваемого всеми источниками выбросов на рассматриваемой территории [18].

Анализ полученных результатов показал, что потенциальные риски развития неканцерогенных эффектов от содержания в атмосферном воздухе азота диоксида, создаваемого выбросами объекта «Камбарка», являются минимальными для неканцерогенного риска при хроническом воздействии ($<0,1$) и приемлемыми для хронического риска, рассчитанного по беспороговой модели ($<0,05$). При этом вклад выбросов предприятия в величину потенциальных хронических рисков составляет не более 3,8 %.

Заключение

Таким образом, потенциальные риски развития канцерогенных эффектов для здо-

Таблица 7

Индексы опасности при одновременном хроническом поступлении химических веществ ингаляционным путем по их влиянию на органы и системы населения (HI)

Органы и системы	HI		
	минимальный	средний	максимальный
Кровь	3,625	3,625008077	3,625021
Органы дыхания	3,058443	3,149738077	3,323767
Сердечно-сосудистая система	0,839555	0,923850538	0,983858
Развитие	0,839573	0,924111	0,984706
Центральная нервная система	0,83339	0,834326615	0,836127
Смертность	0,26	0,26	0,26
Иммунная система	0,000018	0,000276615	0,00089
Периферическая нервная система	0,014771	0,123120077	0,250525
Почки	0	8,07692E-05	0,000021
Печень	0	4,54615E-05	0,00011

Сравнение потенциальных рисков здоровью населения для азота диоксида, рассчитанных с учётом и без учёта его фоновых концентраций

Вид риска здоровью населения	Расчёт с учетом фоновых концентраций			Расчёт без учета фоновых концентраций		
	минимальный	средний	максимальный	минимальный	средний	максимальный
Неканцерогенный риск при хроническом воздействии	2,075	2,075	2,075	0,001936	0,027116	0,081164
Хронический риск по беспороговой модели	0,071302	0,071302	0,071302	0,00001	0,000318	0,001167

ровья населения от загрязнения атмосферного воздуха, создаваемого выбросами объекта по уничтожению химического оружия «Камбарка», находятся на минимальном и допустимом уровнях, неканцерогенные риски являются минимальными и приемлемыми.

Наличие потенциального риска для здоровья населения, создаваемого фоновым содержанием в атмосферном воздухе азота диоксида, обуславливает необходимость организации постоянного контроля за его концентрациями, а также проведения работ по выявлению основных источников его поступления с последующим проведением плановых мероприятий по оздоровлению ситуации.

Литература

1. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В. Медико-санитарные проблемы уничтожения химического оружия // Токсикологический вестник. 2007. № 3. С. 2–6.
2. Колосков С. В., Шагеев Р. М., Аверьянов В. Н., Дунаев В. Н. Структура аэрогенной нагрузки и риск для здоровья населения в селитебной территории промышленного города // Гигиена и санитария. 2009. № 4. С. 87–89.
3. Filatov B., Kolodi T., Wolff S., zkaynak H., Larson B., Shaposhnikov D., Avaliani S., Vishnavetskaya L. Assessing chronic health risks from stationary source air emissions in Volgograd, Russia // Air Pollution in the Ural Mountains. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998. P. 231–237.
4. Петров В. И., Авалиани С. Л., Латышевская Н. И., Филатов Б. Н., Герусова Г. П., Вишневецкая Л. П., Яцышен В. В., Сукачева О. А., Митрохин О. В., Яцышена Т. Л., Давыденко Л. А., Колодий Т. И., Трацилова А. В., Першин С. Е. **Экологический риск для здоровья населения**. Волгоград: ИПК «Царицын», 2000. 84 с.
5. Рахманин Ю. А., Новиков С. М., Румянцев Г. И. Методологические аспекты оценки риска для здоровья населения при кратковременном и хроническом воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду // Гигиена и санитария. 2002. № 6. С. 5–7.
6. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 13.07.2015, с изм. и доп., вступившими в силу с 24.07.2015) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
7. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О техническом регулировании».
8. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду : утв. Первым зам. Министра здравоохранения РФ, Гл. гос. сан. врачом РФ 05.03.04 : введено в действие с 05.05.04.
9. Постановление Правительства РФ от 02.02.2006 № 60 (ред. от 04.09.2012) «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга».
10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 25, Главного государственного инспектора РФ по охране природы № 03-19/24-3483 от 10.11.1997 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации».
11. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86) : утв. Госкомгидрометом СССР 04.08.1986 № 192 : введена 01.01.1987.
12. Методические указания по расчету усредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ (Дополнение к ОНД-86). СПб.: ГГО им. А. И. Воейкова, 2005.
13. Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения. Методические рекомендации : утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 30.07.1997 № 2510/5716-97-32.
14. Рахманин Ю. А., Сеницына О. О. Оценка риска здоровья как системообразующий фактор при изучении химического загрязнения объектов окружающей среды // Актуальные проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания: Материалы Пленарного заседания Всеросс. науч.-практ. конф. с международ. участием (Пермь, 21–23 мая 2014 г.). Режим доступа: <http://fcrisk.ru/node/781>.

15. Онищенко Г. Г., Новиков С. М., Рахманин Ю. А., Авалиани С. Л., Буштуева К. А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 408 с.

16. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест : утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 21.05.2003 : введены в действие с 25.06.2003.

17. ГН 2.1.6.2309-07. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест : утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 19.12.2007 : введены в действие с 01.03.2008.

18. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: утв. Госкомгидрометом СССР 01.06.1989, Гл. гос. сан. врачом СССР 16.05.1989: введено 01.07.1991.