

ГИГИЕНА

УДК 614.78:614.72

Гигиеническая оценка развития неканцерогенного риска здоровью населения в зоне воздействия загрязнения атмосферного воздуха при сжигании медицинских отходов

Е. А. Федорова

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова,
Российская Федерация, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

Для цитирования: Федорова Е. А. Гигиеническая оценка развития неканцерогенного риска здоровью населения в зоне воздействия загрязнения атмосферного воздуха при сжигании медицинских отходов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2022. Т. 17. Вып. 3. С. 221–233. <https://doi.org/10.21638/spbu11.2022.307>

Целью данного исследования является оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения вследствие поступления химических веществ в атмосферный воздух от предприятий по сжиганию медицинских отходов. Оценка риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния предприятий по сжиганию медицинских отходов, необходима для определения вероятности развития неблагоприятных эффектов на органы и системы. Исследование включало анализ и ранжирование химических веществ, входящих в состав промышленных выбросов предприятий, сжигающих медицинские отходы, моделирование рассеяния выбросов с расчетом приземных концентраций и оценкой неканцерогенного риска здоровью населения. Анализ неканцерогенного риска здоровью показал вероятность развития неблагоприятных эффектов на органы и системы. Установлено, что максимальные уровни хронического неканцерогенного риска при ингаляционном поступлении загрязняющих веществ из атмосферного воздуха (в зоне влияния предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1) отмечаются по таким компонентам, как диоксид серы и бенз/а/пирен, а в зоне влияния предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2 — по диоксиду серы, бенз/а/пирену, диоксиду азота и взвешенным веществам. Максимальные значения суммарных индексов опасности превышают допустимые значения показателей, отражающих негативное состояние органов дыхания, процессов развития, иммунной и кроветворной систем, что отражается на смертности. Данные уровни риска при воздействии предприятий по сжиганию медицинских отходов были оценены как неприемлемые для населения. Проведенное исследование

подтверждает необходимость разработки практических рекомендаций и профилактических мероприятий по снижению воздействия химических факторов на здоровье населения.

Ключевые слова: заболеваемость, население, оценка риска для здоровья населения, неканцерогенный риск, атмосферный воздух, химические вещества.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является одним из крупнейших экологических рисков для здоровья человека как на мировом уровне в рамках одного из основных направлений Повестки дня ВОЗ в области устойчивого развития на период до 2030 г., так и в Европейском регионе [1; 2].

Влияние на здоровье населения загрязнения окружающей среды и в особенности атмосферного воздуха относится к стратегическим рискам России. Именно на снижение этого риска направлен федеральный проект «Чистый воздух», реализуемый в рамках национального проекта «Экология».

Промышленные предприятия являются одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха и создают риск для здоровья населения, проживающего в районах их размещения. Опасность атмосферного воздуха для здоровья обусловлена разнообразием загрязнителей, непосредственным поступлением их в организм, трудностью защиты от ксенобиотиков [3–9].

Целью данной работы является оценка влияния выбросов химических веществ предприятий по сжиганию медицинских отходов на критические органы и системы, расчет неканцерогенных рисков здоровью населения, проживающего в зоне действия данных предприятий.

Процедура оценки риска решает очень сложную многокомпонентную задачу — какой риск для населения считать приемлемым. Концепция приемлемого риска предполагает, что уровень воздействия должен быть настолько низким, чтобы его можно было не принимать во внимание. Другими словами, величина риска не должна выходить за пределы естественной (фоновой) вариабельности частоты изучаемого явления.

Основополагающим документом при проведении процедуры оценки риска является Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». В соответствии с ним при проведении оценки риска, связанного с хроническим поступлением вредных веществ из атмосферного воздуха, установленные концентрации сравниваются с референтными концентрациями (RfC), представляющими собой суточное воздействие химического вещества в течение жизни, которое, в свою очередь, устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения [10–14].

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: определение приоритетных загрязнителей из общего количества выбрасываемых предприятиями в атмосферу загрязняющих веществ; анализ данных о гигиенических нормах, безопасных уровнях воздействия (референтных дозах и концентрациях), критических органах и системах и вредных эффектах; оценка экспозиции с последую-

щей характеристикой риска от воздействия выбросов предприятий по сжиганию медицинских отходов для здоровья населения.

Оценка рисков позволит взвесить ситуацию на функционирующих объектах и создать прогностическую модель с наиболее эффективными мерами по минимизации и предотвращению негативного воздействия.

Материалы и методы

В ходе выполнения исследования применялись гигиенические методы, включающие в себя сбор, анализ и обобщение результатов исследований лабораторно-инструментального контроля.

В работе применена методология оценки риска в соответствии с Р2.1.10.1920-04 «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

Расчеты приземных концентраций компонентов выбросов были проведены с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (версия 4.60). Среднегодовые концентрации были рассчитаны на территории жилой застройки, попадающей в зону влияния предприятий по сжиганию медицинских отходов.

Для количественной оценки неканцерогенной опасности загрязнения атмосферного воздуха вредными химическими веществами были рассчитаны коэффициенты опасности (НQ) и индекс опасности (НI).

Результаты

На этапе идентификации опасности для здоровья были подвергнуты анализу и ранжированию данные санитарно-химического контроля, определены основные источники загрязнения атмосферного воздуха.

В результате деятельности предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1 в атмосферный воздух поступает 13 загрязняющих веществ, суммарный валовый выброс которых составляет 8511,1931 т/год. Основной объем валового выброса (99,96 %) составляют диоксид серы — 34,96 %, взвешенные вещества — 34,11 %, диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота) — 30,89 %. Вклад остальных 10 загрязняющих веществ составляет 0,04 %. В результате деятельности предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2 в воздух поступает 13 загрязняющих веществ, суммарный валовый выброс которых составляет 9453,1537 т/год. Основной объем валового выброса (99,97 %) составляют взвешенные вещества: 47,19 %, диоксид серы — 29,43 %, диоксид азота (двуокись азота; пероксид азота) — 23,2 %, оксид азота (II) (монооксид азота) — 0,14 %. Вклад остальных 9 веществ составляет 0,03 %.

Из всего перечня загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от данных предприятий, 4 вещества относятся к I классу опасности, 2 вещества относятся ко II классу опасности, 5 веществ относятся к III классу опасности, 2 вещества относятся к IV классу опасности.

Оценка и ранжирование выбросов по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности для каждого вещества проводилась с использованием

величины годового выброса и референтных (безопасных для здоровья человека) концентраций при ингаляционном хроническом воздействии (RFC).

Референтные концентрации хронического ингаляционного воздействия (RFC_i) для восьми загрязняющих веществ утверждены Руководством Р2.1.10.1920-04 «Референтные концентрации хронического ингаляционного воздействия для двух загрязняющих веществ (сера диоксид и взвешенные вещества)» и приняты к действию в соответствии с письмом Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора № 08ФЦ/2363 от 08.06.2012. Перечислим эти восемь веществ: оксид кадмия (в пересчете на кадмий); ртуть; диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота); оксид азота (II) (монооксид азота); гидрохлорид (по молекуле HCl), или хлорид водорода; фтористое газообразное соединение (в пересчете на фтор) — гидрофторид (водород фторид, или фтороводород); бенз/а/пирен; диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордибензо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД)). В связи с тем, что для трех загрязняющих веществ — смесь предельных углеводородов C₁H₄-C₅H₁₂, смесь предельных углеводородов C₆H₁₄-C₁₀H₂₂, алканы C₁₂-19 (в пересчете на C) — отсутствуют рекомендованные референтные концентрации хронического ингаляционного воздействия, RFC_i для них принята по гигиеническому нормативу.

Изучение степени выраженности токсических свойств загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух предприятием по сжиганию медицинских отходов № 1, по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности показало, что вопрос 99,96 % вклада в суммарный индекс неканцерогенной опасности вносят пять веществ: диоксид серы — 34,59 %, взвешенные вещества — 33,74 %, диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота) — 30,56 %, бенз/а/пирен — 0,65 %, кадмий оксид (в пересчете на кадмий) — 0,41 %. Вклад остальных восьми веществ составляет 0,04 %.

Изучение степени выраженности токсических свойств загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух предприятием по сжиганию медицинских отходов № 2, по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности показало, что 99,99 % вклада в суммарный индекс неканцерогенной опасности вносят пять веществ: взвешенные вещества — 46,95 %, диоксид серы — 29,28 %, диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота) — 23,08 %, бенз/а/пирен — 0,55 %, оксид азота (II) (монооксид азота) — 0,14 %. Вклад остальных восьми веществ составляет 0,01 %.

«Взвешенные частицы» (мелкодисперсные фракции твердых веществ) включены в перечень в связи с опасностью для здоровья человека и принадлежностью к международному перечню приоритетных загрязнителей. В группу «Взвешенные частицы» объединили четыре твердых загрязняющих вещества, выбрасываемых в атмосферный воздух: кадмий оксид, бенз/а/пирен, взвешенные вещества, диоксины. В дальнейшем при оценке риска учитывалось воздействие общих взвешенных частиц (TSP), частиц с размерами менее 10 мкм (PM₁₀) и частиц с размерами менее 2,5 мкм (PM_{2,5}).

Таким образом, с учетом результатов ранжирования загрязнителей по валовому выбросу и индексам неканцерогенной опасности из 13 загрязняющих веществ для дальнейшей оценки неканцерогенного риска для здоровья населения, проживающего в ближайших населенных пунктах от предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1, выбраны шесть веществ: оксид кадмия

(в пересчете на кадмий), диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота), диоксид серы, бенз/а/пирен, взвешенные вещества, диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД)). От предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2 на основании анализа качественного и количественного состава выбросов из 13 приоритетных показателей для оценки неканцерогенного риска выделены семь веществ: оксид кадмия (в пересчете на кадмий), диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота), оксид азота (II) (монооксид азота), диоксид серы, бенз/а/пирен, взвешенные вещества, диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД)).

Сведения о параметрах опасности развития неканцерогенных эффектов при хроническом воздействии приоритетных загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух, представлены в табл. 1. Критические органы и системы организма, поражаемые приоритетными загрязнителями, перечислены в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

На основании анализа системной и органотропной направленности действия всех приоритетных загрязняющих веществ в выбросах предприятий по сжиганию медицинских отходов № 1 и 2 прежде всего следует ожидать увеличения общетоксических эффектов со стороны органов дыхания [15; 16].

Осуществлялся анализ имеющихся данных об уровнях хронического воздействия химических веществ на человека — концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе из предполагаемых точек воздействия зоны жилой застройки (расчетных точек).

Значения среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в расчетных точках представлены в табл. 2.

Количественная оценка риска развития неканцерогенных эффектов при хроническом ингаляционном воздействии проводилась по величине коэффициента опасности (HQ), представляющего собой соотношение между воздействующей среднегодовой концентрацией (AC) и референтным (безопасным для здоровья) уровнем воздействия (RfC).

Для оценки одновременного поступления нескольких химических веществ по их неканцерогенным эффектам использовался индекс опасности (HI), представляющий собой сумму коэффициентов опасности (HQ):

$$HI = HQ1 + HQ2 + \dots + HQi,$$

где HQ1, HQ2, HQi — коэффициенты опасности для отдельных химических веществ.

Величина HI рассчитывалась отдельно для групп веществ, воздействующих на одинаковые органы/системы организма.

За приемлемый неканцерогенный риск отдельных веществ принималась величина коэффициента опасности $HQ \leq 1,0$.

В качестве допустимой величины для групп веществ, воздействующих на одни и те же органы или системы организма, также принималось значение $HI = 1,0$.

Вероятность развития неканцерогенных эффектов в расчетных точках была оценена по воздействию всех приоритетных веществ. Рассчитаны суммарные

Таблица 1. Сведения о параметрах опасности развития неканцерогенных эффектов

Показатель, критический орган и система	Количество веществ	Химическое вещество
Предприятие по сжиганию медицинских отходов № 1		
Органы дыхания	5	Оксид кадмия (в пересчете на кадмий), диоксид азота (двуокись азота; пероксид азота), диоксид серы, взвешенные вещества, диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Эндокринная система	2	Оксид кадмия (в пересчете на кадмий), диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Кроветворная система	2	Диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота), диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Дополнительная смертность	2	Диоксид серы, взвешенные вещества
Процессы развития	2	Бенз/а/пирен, диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Почки	1	Оксид кадмия (в пересчете на кадмий)
Иммунная система	1	Бенз/а/пирен
Системный эффект	1	Диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Печень	1	Диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Репродуктивная система	1	Диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Предприятие по сжиганию медицинских отходов № 2		
Органы дыхания	6	Оксид кадмия (в пересчете на кадмий), диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота), оксид азота (II) (азот монооксид азота), диоксид серы, взвешенные вещества, диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Кроветворная система	3	Диоксид азота (двуокись азота, или пероксид азота), оксид азота (II) (монооксид азота), диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Эндокринная система	2	Оксид кадмия (в пересчете на кадмий), диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Дополнительная смертность	2	Диоксид серы, взвешенные вещества
Процессы развития	2	Бенз/а/пирен, диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))

Показатель, критический орган и система	Количество веществ	Химическое вещество
Почки	1	Оксид кадмия (в пересчете на кадмий)
Иммунная система	1	Бенз/а/пирен
Системный эффект	1	Диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Печень	1	Диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))
Репродуктивная система	1	Диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин/д (диоксин, тетрадиоксин, 2,3,7,8-ТХДД))

Таблица 2. Диапазоны значений концентраций загрязняющих веществ в расчетных точках

Код	Вещество	Минимум	Максимум
Предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1			
330	Диоксид серы	0,015	0,061
2902	Взвешенные вещества	1,5E-02	5,9E-02
301	Диоксид азота	8,7E-04	3,0E-03
703	Бенз/а/пирен	2,9E-07	1,1E-06
133	Оксид кадмия	1,8E-07	7,3E-07
3620	Диоксины	1,1E-12	4,5E-12
Предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2			
2902	Взвешенные вещества	0,028	0,095
330	Диоксид серы	1,7E-02	5,9E-02
301	Диоксид азота	1,4E-02	4,7E-02
304	Оксид азота	8,4E-05	2,8E-04
703	Бенз/а/пирен	3,3E-07	1,1E-06
133	Оксид кадмия	3,3E-10	1,1E-09
3620	Диоксины	7,2E-14	2,4E-13

индексы опасности при воздействии на критические органы и системы (органы дыхания, центральная нервная система и др.), оценено влияние на процессы развития.

Значения хронического неканцерогенного риска в расчетных точках для приоритетных загрязняющих веществ и суммарные индексы опасности при воздействии на основные критические органы и системы представлены в табл. 3–4 и на рис. 1–2.

Оценка хронического неканцерогенного риска показала, что при воздействии предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1 уровни риска от воздействия оксида кадмия, диоксида азота, взвешенных веществ и диоксинов на рассматриваемой территории не превышают допустимых значений риска. Максимальные уровни хронического неканцерогенного риска от воздействия диоксида серы

Таблица 3. Диапазоны значений коэффициентов опасности приоритетных загрязнителей в расчетных точках

Код	Загрязняющее вещество	Минимум	Максимум
Предприятие по сжиганию медицинских отходов № 1			
330	Диоксид серы	0,75	330
703	Бенз/а/пирен	0,29	703
2902	Взвешенные вещества	2,0E-01	2902
301	Диоксид азота	2,2E-02	7,5E-02
133	Оксид кадмия	9,1E-03	3,7E-02
3620	Диоксины	2,8E-05	1,1E-04
Предприятие по сжиганию медицинских отходов № 2			
330	Диоксид серы	0,85	2,95
2902	Взвешенные вещества	0,37	1,27
301	Диоксид азота	0,35	1,18
703	Бенз/а/пирен	0,33	1,12
304	Оксид азота	1,4E-03	4,7E-03
133	Оксид кадмия	1,7E-05	5,7E-05
3620	Диоксины	1,8E-06	6,1E-06

превышают допустимые значения риска и составляют значение 3,05; а от воздействия бенз/а/пирена составляют значение 1,14.

Величины суммарных индексов опасности по влиянию на эндокринную и кровяную системы, почки, печень и репродуктивную систему, а также на системный эффект не превышают допустимых значений. Максимальные значения суммарных индексов опасности по влиянию на органы дыхания превышают допустимые значения и составляют значение 5,58; по влиянию на случаи дополнительной смертности — 5,50; по влиянию на процессы развития — 1,95; по влиянию на иммунную систему — 1,14. Для остальных органов и систем показатели риска не превысят значения 0,075. Данные уровни риска были оценены как неприемлемые для населения.

Оценка хронического неканцерогенного риска показала, что при воздействии предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2 уровни риска от воздействия оксида кадмия, оксида азота и диоксинов на рассматриваемой территории не превышают допустимых значений риска. Максимальные уровни хронического неканцерогенного риска от воздействия диоксида серы превышают допустимые значения риска и составляют значение 2,95; от воздействия взвешенных веществ — 1,27; от воздействия азота диоксида — 1,18; от воздействия бенз/а/пирена — 1,12.

Величины индексов опасности по влиянию на эндокринную систему, почки, печень и репродуктивную систему, а также на системный эффект не превышают допустимых значений. Максимальные показатели суммарных индексов опасности по влиянию на органы дыхания превышают допустимые значения и составляют 8,07; по влиянию на случаи дополнительной смертности — 6,89; по влиянию на

Таблица 4. Диапазоны суммарных индексов опасностей приоритетных загрязнителей по влиянию на критические органы и системы при одновременном поступлении приоритетных загрязнителей

Показатель, критический орган и система	Минимум	Максимум
Предприятие по сжиганию медицинских отходов № 1		
Органы дыхания	1,43	5,58
Дополнительная смертность	1,37	5,50
Процессы развития	0,49	1,95
Иммунная система	0,29	1,14
Кроветворная система	2,2E-02	0,075
Эндокринная система	9,2E-03	0,037
Почки	9,1E-03	0,037
Системный эффект	2,8E-05	1,1E-04
Печень	2,8E-05	1,1E-04
Репродуктивная система	2,8E-05	1,1E-04
Предприятие по сжиганию медицинских отходов № 2		
Органы дыхания	2,36	8,07
Дополнительная смертность	2,01	6,89
Процессы развития	0,71	2,43
Кроветворная система	0,35	1,18
Иммунная система	0,33	1,12
Эндокринная система	1,8E-05	6,3E-05
Почки	1,7E-05	5,7E-05
Системный эффект	1,8E-06	6,1E-06
Печень	1,8E-06	6,1E-06
Репродуктивная система	1,8E-06	6,1E-06

процессы развития — 2,43; по влиянию на кроветворную систему — 1,18; по влиянию на иммунную систему — 1,12. Для остальных органов и систем значения риска не превысят 6,3E-05. Данные уровни риска были оценены как неприемлемые для населения.

Обсуждение результатов

Оценка хронического неканцерогенного риска показала, что при воздействии предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1 уровни риска от влияния оксида кадмия, диоксида азота, взвешенных веществ и диоксинов на рассматриваемой территории не превышают допустимых значений риска. Максимальные уровни хронического неканцерогенного риска от воздействия диоксида серы превышают допустимые значения риска и составляют значение 3,05; от воздействия бенз/а/пирена — 1,14.

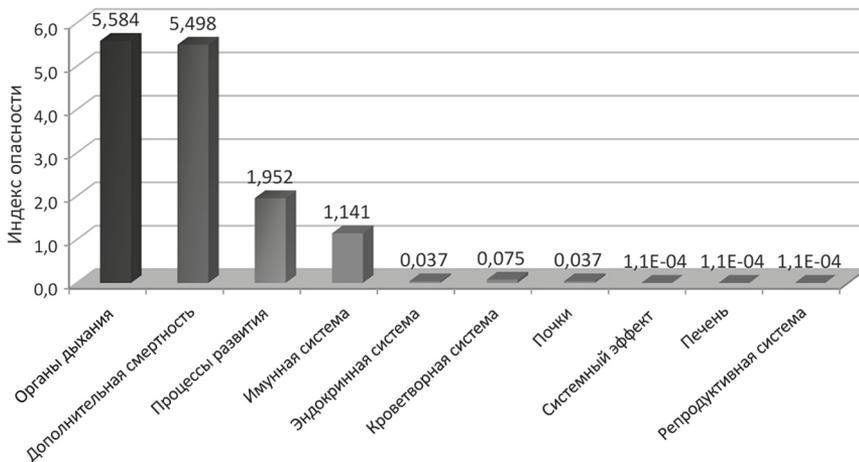


Рис. 1. Максимальные значения суммарных индексов опасностей по влиянию на критические органы и системы при одновременном поступлении приоритетных загрязнителей от предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1

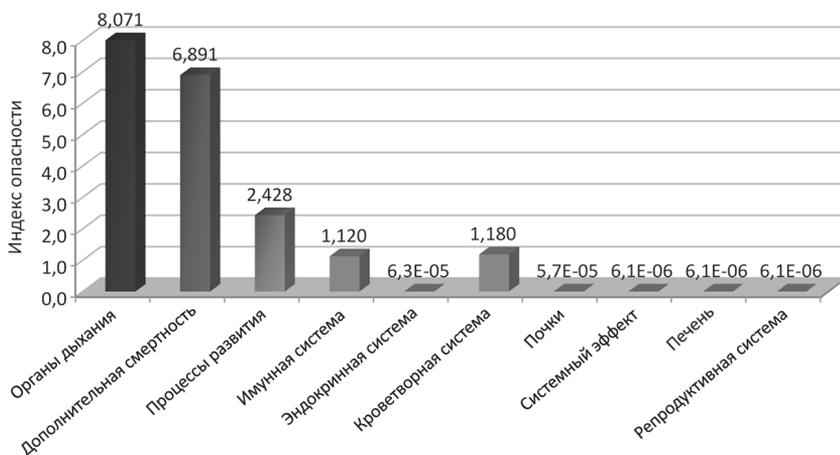


Рис. 2. Максимальные значения суммарных индексов опасностей при одновременном поступлении приоритетных загрязнителей по влиянию на критические органы и системы при одновременном поступлении приоритетных загрязнителей предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2

Величины суммарных индексов опасности по влиянию на репродуктивную, эндокринную и кроветворную системы, почки, системный эффект, печень, а также на системный эффект не превышают допустимых значений. Максимальные значения суммарных индексов опасности по влиянию на органы дыхания превышают допустимые значения и составляют 5,58; по влиянию на случаи дополнительной смертности — 5,50; по влиянию на процессы развития — 1,95; по влиянию на иммунную систему — 1,14. Для остальных органов и систем значения риска не превышают показатель 0,075. Данные уровни риска при воздействии

предприятия по сжиганию медицинских отходов № 1 были оценены как неприемлемые для населения.

Оценка хронического неканцерогенного риска показала, что при работе предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2 уровни риска от воздействия оксида кадмия, оксида азота и диоксинов на рассматриваемой территории не превышают допустимых значений риска. Максимальные уровни хронического неканцерогенного риска от воздействия диоксида серы превышают допустимые значения риска и составляют 2,95; от воздействия взвешенных веществ — 1,27; от воздействия азота диоксида — 1,18; от воздействия бенз/а/пирена — 1,12.

Величины суммарных индексов опасности по влиянию на эндокринную систему, почки, системный эффект, печень и репродуктивную систему не превышают допустимых значений. Максимальные значения суммарных индексов опасности по влиянию на органы дыхания превышают допустимые значения и составляют 8,07; по влиянию на случаи дополнительной смертности — 6,89; по влиянию на процессы развития — 2,43; по влиянию на кроветворную систему — 1,18; по влиянию на иммунную систему — 1,12; для остальных органов и систем значения риска не превысят $6,3E-05$. Данные уровни риска при воздействии предприятия по сжиганию медицинских отходов № 2 были оценены как неприемлемые для населения.

Настоящее исследование диктует необходимость разработки и проведения профилактических мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения.

Литература

1. Fact sheets on sustainable development goals: health targets. Air quality and health // World Health Organization, 2018. URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/385959/fs-sdg-3-9-air-eng.pdf (дата обращения: 10.10.2022).
2. Environment and health in the WHO European Region: progress, challenges and lessons learned: working document: Regional Committee for Europe 65th session. September 14–17, 2015 // World Health Organization. Vilnius: [S. n.], 2015. 15 p.
3. Чуенкова Г.А., Карелин А.О., Аскарлов Р.А., Аскарлова З.Ф. Оценка риска здоровью населения города Уфы, обусловленного атмосферными загрязнениями // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 3. С. 24–29.
4. Стёпкина Ю.И., Гайдукова Е.П. Оценка и управлением риском при обращении с отходами // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97, № 8. С. 693–698.
5. Zajczeva N. V., Shur P. Z., Chetverkina K. V., Khasanova A. A. Developing methodological approaches to substantiating average annual maximum permissible concentrations of hazardous substances in ambient air in settlements as per acceptable health risk // Health Risk Analysis. 2020. No. 3. P. 38–47.
6. Shur P. Z., Khasanova A. A. Analytical review of approaches to provide safety when substantiating hygienic standards for chemical contents in ambient air // Health Risk Analysis. 2021. No. 2. P. 154–164.
7. Рахманин Ю.А. Актуализация методологических проблем регламентирования химического загрязнения окружающей среды // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 8. С. 701–707.
8. Онищенко Г.Г., Новиков С.М. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина, 2002. 408 с.
9. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Скворцова Н.С., Кислицин В.А., Мишина А.Л. Проблемы гармонизации нормативов атмосферных загрязнений и пути их решения // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91, № 5. С. 75–78.
10. Onishhenko G. G., Popova A. Yu., Zajczeva N. V., Maj I. V., Shur P. Z. Health Risk Analysis in the Tasks of Improving Sanitary and Epidemiological Surveillance in the Russian Federation // Health Risk Analysis. 2014. No. 2. P. 1–12.

11. *Ракитский В. Н., Авалиани С. Л., Шашина Т. А., Додина Н. С.* Актуальные проблемы управления рисками здоровью населения в России // *Гигиена и санитария*. 2018. Т. 97, № 6. С. 572–575.
12. *Щербо А. П., Киселев А. В.* Оценка риска воздействия производственных факторов на здоровье работающих. СПб.: Терция, 2005. 92 с.
13. *Киселев А. В., Куценко Г. И., Щербо А. П.* Научное обоснование системы оценки риска здоровью в гигиеническом мониторинге промышленного города. М.: [Б. и.], 2001. 208 с.
14. *Щербо А. П.* Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. СПб.: СПбМАПО, 2002. 376 с.
15. *Seinfeld J. H., Pandis S. N.* Atmospheric chemistry physics: From air pollution to climate change. New York: Wiley-Interscience, 1997. 1360 p.
16. *Румянцев Г. И., Новиков С. М.* Проблемы прогнозирования токсичности и риска воздействия химических веществ на здоровье населения // *Гигиена и санитария*. 1997. № 6. С. 13–18.

Статья поступила в редакцию 15 октября 2022 г.;
рекомендована к печати 7 ноября 2022 г.

Контактная информация:

Федорова Екатерина Андреевна — ассистент; katerina.fedo@gmail.com

Hygienic assessment of the development of non-carcinogenic risk to population health in the area of air pollution during medical waste incineration

E. A. Fedorova

I. I. Mechnikov North-Western State Medical University,
41, ul. Kirochnaya, St Petersburg, 191015, Russian Federation

For citation: Fedorova E. A. Hygienic assessment of the development of non-carcinogenic risk to population health in the area of air pollution during medical waste incineration. *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*, 2022, vol. 17, issue 3, pp. 221–233. <https://doi.org/10.21638/spbu11.2022.307> (In Russian)

The purpose of this study is to assess the risk of developing non-carcinogenic effects for public health due to the release of chemicals into the air from medical waste incinerators. An assessment of the public health risk observed in monitoring the growth of waste consumption is necessary to determine the likelihood of adverse effects on organs and systems. The study included the analysis and ranking of chemicals that are part of the industrial emissions of enterprises burning medical waste, emission dispersion modeling with calculation of ground concentrations and assessment of non-carcinogenic risks to public health. Analysis of non-carcinogenic health risks showed the likelihood of adverse effects on organs and systems. It has been established that the maximum levels of chronic non-carcinogenic risk during inhalation intake of pollutants from the atmospheric air (in the zone of influence of the medical waste incineration enterprise no. 1) are noted for such components such as sulfur dioxide, benzo/a/pyrene, and in the zone of influence of the medical waste incinerator no. 2 — for sulfur dioxide, benz/a/pyrene, nitrogen dioxide and suspended solids. The maximum values of the total hazard indices exceed the permissible values for the impact on the respiratory organs, cases of additional mortality, development processes, the immune system, and the hematopoietic system. These levels of risk from exposure to medical waste incinerators have been assessed as unacceptable for the public. The study confirms the need to develop practical recommendations and preventive measures to reduce the impact of chemical factors on public health.

Keywords: incidence, population, public health risk assessment, non-carcinogenic risk, atmospheric air, chemicals.

References

1. Fact sheets on sustainable development goals: health targets. Air quality and health. *World Health Organization*, 2018. Available at: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/385959/fs-sdg-3-9-air-eng.pdf (accessed: 10.10.2022).
2. Environment and health in the WHO European Region: progress, challenges and lessons learned: working document: Regional Committee for Europe 65th session. September 14–17, 2015. *World Health Organization*. Vilnius, [s. n.], 2015, 15 p.
3. Chuenkova G. A., Karelina A. O., Askarov R. A., Askarova Z. F. Assessing the health risk of the population of the city of Ufa, due to atmospheric diseases. *Gigiena i sanitaria*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 24–29. (In Russian)
4. Styopkin Yu. I., Gajdukova E. P. Risk assessment and management in waste management. *Gigiena i sanitaria*, 2018, vol. 97, no. 8, pp. 693–698. (In Russian)
5. Zajczeva N. V., Shur P. Z., Chetverkina K. V., Khasanova A. A. Developing methodological approaches to substantiating average annual maximum permissible concentrations of hazardous substances in ambient air in settlements as per acceptable health risk. *Health Risk Analysis*, 2020, vol. 3, pp. 38–47.
6. Shur P. Z., Khasanova A. A. Analytical review of approaches to provide safety when substantiating hygienic standards for chemical contents in ambient air. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 2, pp. 154–164.
7. Rakhmanin Yu. A. Actualization of methodological problems of regulation of chemical pollution of the environment. *Gigiena i sanitaria*, 2016, vol. 95, no. 8, pp. 701–707. (In Russian)
8. Onishhenko G. G., Novikov S. M. *Fundamentals of risk assessment for public health when exposed to chemicals that pollute the environment*. Moscow, NII ekologii cheloveka i gigieny okruzhaiushchei sredy im. A. N. Sysina, 2002, 408 p. (In Russian)
9. Avaliani S. L., Novikov S. M., Shashina T. A., Skvortzova N. S., Kisliczin V. A., Mishina A. L. Problems of harmonization of atmospheric pollution standards and ways to solve them. *Gigiena i sanitaria*, 2012, vol. 91, no. 5, pp. 75–78. (In Russian)
10. Onishhenko G. G., Popova A. Yu., Zajczeva N. V., Maj I. V., Shur P. Z. Health Risk Analysis in the Tasks of Improving Sanitary and Epidemiological Surveillance in the Russian Federation. *Health Risk Analysis*, 2014, no. 2, pp. 1–12. (In Russian)
11. Rakitskiy V. N., Avaliani S. L., Shashina T. A., Dodina N. S. Actual problems of public health risk management in Russia. *Gigiena i sanitaria*, 2018, vol. 97, no. 6, pp. 572–575. (In Russian)
12. Shherbo A. P., Kiselev A. V. *Assessment of the risk of exposure to environmental factors on health*. St Petersburg, Tertsia Publ., 2005, 92 p. (In Russian)
13. Kiselev A. V., Kuczenko G. I., Shherbo A. P. *Scientific substantiation of the health risk assessment system in hygienic monitoring of an industrial city*. Moscow, [s. n.], 2001, 208 p. (In Russian)
14. Shcherbo A. P. *Environment and health: approaches to risk assessment*. St Petersburg, SPbMAPO Publ., 2002, 376 p. (In Russian)
15. Seinfeld J. H., Pandis S. N. *Atmospheric chemistry physics: From air pollution to climate change*. New York, Wiley-Interscience, 1997, 1360 p.
16. Rumiantsev G. I., Novikov S. M. Problems of forecasting toxicity and risk of exposure to chemicals on public health. *Gigiena i sanitaria*, 1997, vol. 6, pp. 13–18. (In Russian)

Received: October 15, 2022
Accepted: November 7, 2022

Author's information:

Ekaterina A. Fedorova — Assistant; katerina.fedo@gmail.com