

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ СЛОЖНЫХ СМЕСЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

НИИ санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, 100056, Ташкент, Республика Узбекистан

Представлены результаты экспериментальных работ по изучению характера совместного токсического действия различных сложных смесей, присутствующих в атмосферном воздухе. Действие сложных смесей на организм лабораторных животных изучалось в двух сериях опытов. В I серии исследовано комбинированное действие диоксида серы, диоксида азота, фтористого водорода и взвешенных веществ, а во II серии – ацетата свинца, формальдегида, диоксида серы и аммиака. Установлено, что характер комбинированного действия ацетата свинца, формальдегида, диоксида серы, аммиака при длительном ингаляционном поступлении в организм проявляется по типу эффекта неполной суммации, а взвешенных веществ, фтористого водорода, диоксида азота – по типу эффекта полной суммации. При совместном присутствии в атмосферном воздухе ацетата свинца, формальдегида, диоксида серы, аммиака ПДК для каждого вещества не должна превышать 0,25 ПДК, а фтористого водорода, диоксида азота, диоксида серы и взвешенных веществ – 0,46 ПДК при их изолированном действии.

Ключевые слова: атмосферный воздух; экспериментальные исследования; предельно допустимые концентрации; коэффициенты комбинированного действия; диоксид серы; диоксид азота; фтористый водород; взвешенные вещества; формальдегид; аммиак; свинец.

Для цитирования: Мирзакаримова М.А. Сравнительная гигиеническая оценка комбинированного действия сложных смесей химических загрязнений атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 528-531. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-528-531>

Mirzakarimova M.A.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF COMPLEX MIXTURES OF CHEMICAL AIR POLLUTANTS ON BIOCHEMICAL, PHYSIOLOGICAL, GONADO-, EMBRYOTOXIC INDICES OF LABORATORY ANIMALS AND HYGIENIC EVALUATION OF THEIR COMBINED ACTION

Scientific-Research Institute of Sanitary, Hygiene and Occupational Diseases, Tashkent, 100056, Republic of Uzbekistan

In the paper there are presented results of experimental works on the study of the character of the combined toxic effect of various complex mixtures presenting in atmospheric air. The action of complex mixtures on the organism of laboratory animals was studied in two series of experiments. In the first series of the experiments there was investigated the combined action of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, hydrogen fluoride and suspended substances, and in the second series of experiments – of lead acetate, formaldehyde, sulfur dioxide and ammonia. The character of the combined action of lead acetate, formaldehyde, sulfur dioxide, ammonia under one-term inhalation is established to be manifested in the form of “effect-summation”, and the impact of such suspended substances as hydrogen fluoride, sulfur dioxide, nitrogen dioxide was similar to the type of “incomplete summation”. In the joint presence of lead acetate, formaldehyde, sulfur dioxide, ammonia in the ambient air, the maximum permissible concentration (MPC) for each substance should not exceed 0.25 MPC, and the hydrogen fluoride, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and suspended solids should not exceed 0.46 MPC under their isolated action.

Key words: atmospheric air; experimental studies; maximum permissible concentrations; coefficients of combined action; sulfur dioxide; nitrogen dioxide; hydrogen fluoride; suspended substances; formaldehyde; ammonia; lead.

For citation: Mirzakarimova M. A. Comparative analysis of the influence of complex mixtures of chemical air pollutants on biochemical, physiological, gonado-, embryotoxic indices of laboratory animals and hygienic evaluation of their combined action. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(6): 528-531. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-528-531>

For correspondence: Malokhat A. Mirzakarimova, MD, PhD, senior researcher of the Laboratory of hygiene of children and adolescents, Scientific-Research Institute of Sanitary, Hygiene and Occupational Diseases, Tashkent, 100056, Republic of Uzbekistan. E-mail: m.a.mirzakarimova@mail.ru

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 13 September 2016

Accepted: 04 October 2016

Введение

В последнее время в большинстве ведущих стран мира и в международных организациях все большее внимание уделяется вопросам предотвращения вреда, наносимого здоровью человека и окружающей природной среде загрязнением атмосферного воздуха, на основе анализа риска здоровью, гармонизации нормативов атмосферных загрязнений [1, 2].

Для корреспонденции: Мирзакаримова Малохат Абдувахитовна, ст. науч. сотр.-соискатель, канд. биол. наук, НИИ СПЗ МЗ РУз, 100056, Ташкент, Республика Узбекистан. E-mail: m.a.mirzakarimova@mail.ru

В реальных условиях население, проживающее в промышленных городах, как правило, подвергается ингаляционному воздействию токсичных веществ не изолированно, а комбинированно, т. е. организм испытывает влияние химических веществ в различных сочетаниях.

В органах Узгидромета Республики Узбекистан накоплен обширный фактический материал по качественной и количественной характеристике загрязнения атмосферного воздуха многих городов Узбекистана [3, 4]. В качестве основных загрязнителей были выделены пыль, диоксид азота (ДА), диоксид серы (ДС), фтористый водород (ФВ), фенол, аммиак (АМ), формальдегид (ФА), свинец, взвешенные вещества (ВВ) и др. Определено, что приоритетными промышленными загрязнителями в одних реги-

Фактические концентрации химических ингредиентов сложных смесей в затравочных камерах

№ серии	Вещество				№ опытной группы	Концентрация смеси веществ, мг/м ³							Суммарная кратность превышения ПДК _{ср}
	ингредиент	агрегатное состояние	класс опасности	ПДК _{ср} , мг/м ³		ВВ	ФВ	ДА	ДС	ФА	АС	АМ	
I	ДС	газ	3	0,05	1	1,61	0,046	0,38	0,58	–	–	–	71,7
	ДА	газ	2	0,04	2	0,38	0,008	0,12	0,25	–	–	–	18,8
	ФВ	газ	2	0,0025	3	0,02	0,0014	0,012	0,03	–	–	–	1,86
	ВВ	аэрозоль	3	0,05	4	Чистый воздух							Контроль
II	АС	аэрозоль	1	0,0003	1	–	–	–	1,49	0,62	0,042	1,40	411,4
	ФА	газ	2	0,003	2	–	–	–	0,62	0,30	0,002	0,60	134,0
	ДС	газ	3	0,05	3	–	–	–	0,05	0,0035	0,0005	0,040	5,32
	АМ	газ	4	0,04	4	–	–	–	0,013	0,0008	0,00008	0,010	1,06
					5	Чистый воздух							Контроль

Примечание. ДС – диоксид серы; ДА – диоксид азота; ФВ – фтористый водород; ВВ – взвешенные вещества; АС – ацетат свинца; ФА – формальдегид; АМ – аммиак.

онах (городах) являются ДС, ДА, ФВ и ВВ, в других – ФА, АМ, соединения свинца (ацетат свинца – АС) и ДС. В связи с этим необходимо изучение характера воздействия на организм комплексов одновременно присутствующих в атмосферном воздухе химических веществ [2, 5–7].

В настоящее время среднегодовые предельно допустимые концентрации (ПДК_{ср}) ДС, ДА, ФВ, ВВ размером до 10 мкм в атмосферном воздухе при изолированном ингаляционном поступлении в организм человека установлены на уровнях 0,05; 0,04; 0,0025; 0,05 мг/м³, а АС, ФА, АМ – 0,0003; 0,003; 0,04 мг/м³ соответственно¹. Однако характер комбинированного действия при совместном присутствии в атмосферном воздухе ни для ДС, ДА, ФВ и ВВ, ни для АС, ФА, ДС и АМ в научных работах не отражен и коэффициенты их комбинированного действия не установлены.

Целью работы стало изучение характера резорбтивного токсического действия различных сложных смесей, присутствующих в атмосферном воздухе, на организм экспериментальных животных при длительном (4-месячном) ингаляционном поступлении и научное обоснование коэффициента их комбинированного действия.

Материал и методы

Ингалирование экспериментальных животных (белых крыс) комбинациями вредных веществ в различных концентрациях проведено согласно «Временным методическим указаниям по обоснованию ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест»².

Изучение действия сложных смесей на организм лабораторных животных выполнено в двух сериях опытов. В каждой серии исследовалась одна смесь, состоявшая из четырех ингредиентов: в I серии опытов – ДС, ДА, ФВ и ВВ в трех концентрациях на 120 крысах-самцах с исходной массой тела 100–130 г, разделенных на четыре группы по 30 особей в каждой; во II серии опытов – АС, ФА, ДС и АМ в четырех концентрациях на 75 крысах-самцах с массой тела 120–140 г, которые были разделены на пять групп по 15 особей в каждой. При этом 4-я группа I серии и 5-я группа II серии опытов являлись контрольными, животные в них находились в условиях относительно чистого воздуха.

Для ингаляционного воздействия смесей в эксперименте использовали 200-литровые камеры, предложенные Б.А. Курляндским. Фактические концентрации химических ингредиентов, поступающие в организм животных в затравочных камерах, представлены в таблице. Контроль за постоянством концентра-

ции веществ в затравочных камерах проводился согласно общепринятой методике [8].

Для характеристики биологического действия веществ на организм белых крыс использованы наиболее чувствительные физиологические, биохимические, иммунологические, аллергологические и гонадотоксические тесты. Общее состояние организма в экспериментах отражали интегральные показатели: общее состояние и поведение животных, динамика массы тела. Функциональное состояние нервной системы оценивали с помощью регистрации способности нервной системы к суммации пороговых импульсов (СПП) на электронном аппарате «Импульс» по методу С.В. Сперанского в модификации С.М. Павленко, а также по активности фермента холинэстеразы (ХЭ) цельной крови, которую определяли методом С. Хестрина в модификации Б.Н. Кривогаза. Уровень естественной защиты организма оценивали по содержанию лизоцима в сыворотке крови нефелометрическим методом В.Г. Дорофейчук. Для оценки окислительно-восстановительных процессов в организме определяли активность фермента каталазы методом А. Баха и С. Зубковой, содержание SH-групп в крови спектрофотометрическим методом Х.М. Рубиной и Л.А. Романчук. Функцию печени исследовали по показателям ферментного состава сыворотки крови: уровням аспаратаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ) (метод Реймана–Френкеля), щелочной фосфатазы (ЩФ) (метод Д.П. Яхниной), сорбитолдегидрогеназы в сыворотке крови (тест О. Варбурга) [9]. Функцию почек изучали по содержанию мочевины в сыворотке крови (экспресс-метод с помощью тест-системы «Лахема»). Морфологический состав периферической крови определяли на приборе ГЦМК-3. Гонадотоксическое действие комбинированных веществ на организм экспериментальных животных оценивали по изменению времени подвижности, осмотической и кислотной резистентности сперматозоидов по методу И.В. Санюцкого [10].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом размаха выборки [11].

Результаты и обсуждение

В начальном периоде интоксикации исследуемой смесью веществ у животных 1-й и 2-й групп I серии опыта отмечались возбуждение и повышенная двигательная активность. Смесь веществ оказывала также слабо выраженное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз. В дальнейшем поведение животных нормализовалось и не отличалось от такового в контрольной группе.

Как показали результаты экспериментов, совместное воздействие ВВ, ФВ, ДА и ДС (1,61; 0,046; 0,38 и 0,58 мг/м³ соответственно) вызывало те же изменения биохимических и физиологических показателей, которые наблюдались при изучении изолированного действия соединений азота, фтора и ВВ в высоких концентрациях [12–14]. Например, у животных 1-й группы по сравнению с контролем на 75-й день эксперимента отмечались увеличение показателей СПП (9,0±0,7 против

¹ Гигиенические нормативы. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест на территории Республики Узбекистан. СанПиН РУз 0293-11, утв. 16.05.2011.

² Временные методические указания по обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. МУ 4681-88, утв. 15.07.1988.

7,0±0,35 имп/с) и ЩФ (1,2±0,08 против 0,97±0,08 ммоль/л), уменьшение концентрации SH-групп в крови (62,8±1,65 против 62,56±1,32 мг%), каталазного числа (6,18±0,4 против 7,29±0,2 у.е.), активности ХЭ (279,16±16,79 против 383,0±35,0 мкг/мл/мин), активности лизоцима в крови (38,16±3,17 против 52,5±3,35%), содержания эритроцитов (7,48±0,18 против 7,68±0,12 млн/мкл) и гемоглобина (13,08±0,24 против 13,95±0,38%).

С увеличением срока воздействия смеси изученных веществ у животных 1-й группы выявленные изменения оказались более существенными. На 105-й день эксперимента наблюдались статистически значимые ($p < 0,05$; $p < 0,01$): увеличение показателей СПП, лейкоцитов, ЩФ; уменьшение значений эритроцитов, лизоцима в сыворотке крови, ХЭ цельной крови, каталазного числа в крови, SH-групп. Эти изменения сохранялись до конца эксперимента.

При снижении концентрации веществ в смеси сдвиги изученных показателей были менее выраженными (для ВВ в 4,23 раза, для ФВ в 5,5 раза, для ДС в 2,32 раза и для ДА в 3,16 раза), кратковременными, наступали значительно позже (лишь в конце эксперимента) и носили непостоянный характер.

Например, у животных 2-й группы, подвергавшихся воздействию сложной смеси ФВ, ДС, ДА и ВВ в концентрациях соответственно 0,008; 0,25; 0,12 и 0,38 мг/м³, в конце эксперимента наблюдались достоверные изменения лишь наиболее чувствительных показателей: на 120-й день опыта отмечены увеличение СПП (9,0±0,52 против 7,33±0,35 имп/с; $p < 0,05$) и снижение каталазного числа (6,28±0,22 против 7,67±0,4 у.е.; $p < 0,05$), ХЭ (246,05±25,93 против 374,91±25,63 мкг/мл/мин; $p < 0,01$).

У животных 3-й группы, вдыхавших смесь ВВ (0,02 мг/м³), ФВ (0,0014 мг/м³), ДС (0,03 мг/м³) и ДА (0,012 мг/м³), в течение 120-дневного опыта каких-либо отклонений по сравнению с данными контрольной группы не обнаружено.

Для оценки влияния сложной смеси ВВ, ФВ, ДС и ДА изучено гонадотропное действие малых концентраций на самцов белых крыс и определена их способность к оплодотворению. Установлено, что воздействие сложной смеси ВВ, ФВ, ДС и ДА в концентрациях 1,61; 0,046; 0,58 и 0,38 мг/м³ соответственно вызывает достоверное снижение времени подвижности сперматозоидов ($p < 0,05$). В остальных группах животных изменений по этому показателю не наблюдалось.

Оплодотворяющая способность самцов опытных групп изучена с помощью спаривания их с самками в отношении 1:2 в фазах предтечки. Воздействие сложной смеси ВВ, ФВ, ДС и ДА в концентрациях 1,61; 0,046; 0,58 и 0,38 мг/м³ соответственно привело к значительным нарушениям способности животных к воспроизведению потомства, увеличению числа резорбций, общей эмбриональной смертности, частоты постимплантационной гибели эмбрионов.

Патоморфологические и гистохимические исследования выявили изменения, которые характеризовались расстройствами кровообращения и дистрофическими нарушениями во внутренних органах (мозг, печень, почки, легкие), у крыс 1-й и 2-й групп I серии опыта.

Концентрации сложной паро-, газо- и пылеобразной смеси ДС, ДА, ФВ и ВВ (соответственно 0,03; 0,012; 0,0014 и 0,02 мг/м³) не вызвали изменений общетоксических и гонадотоксических показателей и расценивались как недействующие.

Изучение ингаляционного действия смеси веществ 1–4-го классов опасности во II серии опыта в условиях 120-дневного круглосуточного эксперимента также показало, что смесь АС, ФА, ДС, АМ обладает токсическим действием, вызывая функционально обратимые изменения со стороны ЦНС, паренхиматозных органов, крови, ферментных систем и гонадотоксических показателей. Так, например, у животных 1-й группы II серии опытов на 90-й день эксперимента наблюдалось увеличение изученных показателей по сравнению с контрольной группой: СПП – 9,66±0,61 против 8,33±0,43 имп/с ($p < 0,01$), АЛТ – 1,65±0,05 против 1,26±0,01 мкмоль/л/ч ($p < 0,01$), АСТ – 1,98±0,04 против 1,64±0,08 мкмоль/л/ч ($p < 0,01$), малонового диальдегида – 2,3±0,1 против 1,94±0,05 мкмоль/л/ч ($p < 0,05$), лейкоцитов – 11,4±0,53 против 9,58±0,44 тыс/мкл ($p < 0,01$), мочевины – 9,08±0,43 против 6,79±0,27 мкмоль/л ($p < 0,01$), а также происходило снижение уровней ХЭ (298±24,5 против 364±7,94 мкр/мл/мин; $p < 0,05$) и каталазы (5,8±0,62 против 7,34±0,36 у.е.; $p < 0,05$).

При снижении концентрации веществ в смеси, подававшейся в затравочные камеры, сдвиги изучаемых показателей были менее выраженными, кратковременными, наступали значительно позже (лишь в конце эксперимента) и носили непостоянный характер. Так, например, у животных 3-й группы II серии опытов, подвергавшихся воздействию сложной смеси АС, ФА, ДС и АМ в концентрациях соответственно 0,0005; 0,0035; 0,05 и 0,04 мг/м³ (суммарная кратность превышения ПДК_{ср} составляла 5,32 раза), наблюдались изменения лишь наиболее чувствительных показателей, однократно и только в конце эксперимента. На 120-й день опыта наблюдалось увеличение значений СПП (8,66±0,47 против 7,33±0,30 имп/с; $p < 0,05$), АЛТ (1,44±0,08 против 1,30±0,08 мкмоль/л/ч), малонового диальдегида (2,23±0,08 против 1,98±0,05 мкмоль/л/ч; $p < 0,05$) – данные концентрации являлись пороговыми. У животных 4-й группы II серии опытов, вдыхавших смесь АС (0,00008 мг/м³), ФА (0,0008 мг/м³), ДС (0,013 мг/м³) и АМ (0,01 мг/м³) в течение 120 дней, каких-либо отклонений от данных контрольной группы обнаружить не удалось, т. е. эти концентрации являлись подпороговыми.

Результаты токсикологических экспериментальных исследований, проведенных многими отечественными и зарубежными авторами, свидетельствуют о том, что свинец, ФА и другие ксенобиотики обладают способностью воздействовать на гонады и эмбрионы, что связано с опасностью влияния на процессы оплодотворения и зачатия, нарушением репродуктивной функции.

По результатам анализа полученных данных, при воздействии смеси АС, ФА, ДС и АМ в концентрациях 0,042; 0,62; 1,49 и 1,40 мг/м³ соответственно отмечалось достоверное увеличение смертности животных в контрольной группе до имплантации (3,8±1,44 против 8,15±1,35; $p < 0,05$) и общей эмбриональной смертности (16,95±1,08 против 11,8±2,43; $p < 0,05$).

При изучении эмбрионального развития у крыс 3-й и 4-й групп II серии опытов, вдыхавших смеси в концентрациях: АС – 0,00008–0,0005 мг/м³, ФА – 0,0008–0,0035 мг/м³, ДС – 0,013–0,05 мг/м³, АМ – 0,010–0,040 мг/м³ соответственно, не отмечалось каких-либо достоверных отклонений по сравнению с аналогичными данными контрольной группы.

Характер комбинированного действия исследуемой смеси веществ установлен путем деления действующих их концентраций на соответствующие значения ПДК в атмосферном воздухе. Полученный коэффициент комбинированного действия смесей АС, ФА, ДС, АМ у животных II серии опытов оказался равным 1, а смесей ФВ, ДА, ДС, ВВ у животных I серии опытов – равным 1,86, что свидетельствует о том, что характер комбинированного действия исследуемых веществ проявляется как суммация и неполная суммация.

Выводы

1. Характер комбинированного действия ацетата свинца, формальдегида, диоксида серы и аммиака при ингаляционном резорбтивном поступлении в организм проявляется по типу эффекта суммации.
2. Характер комбинированного действия взвешенных веществ, фтористого водорода, диоксида серы и диоксида азота при ингаляционном резорбтивном поступлении в организм проявляется по типу эффекта неполной суммации.
3. При совместном присутствии в атмосферном воздухе ацетата свинца, формальдегида, диоксида серы и аммиака ПДК для каждого вещества не должна превышать 0,25 ПДК, а фтористого водорода, диоксида азота, диоксида серы и взвешенных веществ – 0,46 ПДК при их изолированном действии.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Скворцова Н.С., Кислицин В.А., Мишина А.Л. Проблема гармонизации нормативов атмосферных загрязнений и пути их решения. *Гигиена и санитария*. 2012; 91 (5): 75–8.
2. Покровский А.А., ред. *Биохимические методы исследований в клинике: Справочник*. М.: 1969.
3. Бирюкова Р.И. К вопросу о вычислении среднего квадратичного по размаху (амплитуде). *Гигиена и санитария*. 1962; (7): 42–6.

4. Временные методические указания № 4681-88 по обоснованию предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.; 1989.
5. Камилджанов А.Х., Даладжанов Ш.Н., Инояттов Ф.Ш., Мирзакаримова М.А. Некоторые показатели функционального состояния печени и репродуктивных органов при ингаляционном воздействии аммиака. *Токсикологический вестник*. 2002; (3): 17–21.
6. Камилджанов А.Х., Мирзакаримова М.А., Акбаров А.А. и др. *Бюллетень Ассоциации врачей Узбекистана*. Ташкент; 2003: 63–7.
7. Мирзакаримова М.А. В кн.: *Актуальные проблемы гигиены и экологии: Сборник научных трактатов*. Ташкент; 2005: 107–13.
8. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан. Ташкент; 2008.
9. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан (2008–2011 годы). Ташкент; 2013.
10. Пинигин М.А. Гигиенические основы оценки суммарного загрязнения воздуха населенных мест. *Гигиена и санитария*. 1985; (1): 66–9.
11. Пинигин М.А. Теория и практика оценки комбинированного действия химического загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2001; 80 (1): 9–13.
12. Пинигин М.А., Бударина О.В., Сафиуллина А.А. Развитие гигиенических основ нормирования и контроля запаха в атмосферном воздухе и пути гармонизации в этой области. *Гигиена и санитария*. 2012; 91 (5): 72–5.
13. Руководство по методам определения вредных веществ в атмосферном воздухе. М.; 1974.
14. Сабирова З.Ф., Фаттахова Н.Ф., Пинигин М.А. Оценка и проблемы комбинированного и комплексного влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2012; (6): 31–6.
15. Санотский И.А., Фоменко В.И. *Отдаленные последствия влияния химических соединений на организм*. М.; 1979.
16. СанПиН РУз № 0293-11 «Гигиенические нормативы. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест на территории Республики Узбекистан». Ташкент; 2011.
2. Pokrovskiy A.A., ed. *Biochemical Methods of Research in the Clinic: Handbook [Biokhimicheskie metody issledovaniy v klinike: Spravochnik]*. Moscow; 1969. (in Russian)
3. Biryukova R.I. On the question of calculating the mean square in amplitude (amplitude). *Gigiena i sanitariya*. 1962; (7): 42–6. (in Russian)
4. Temporary methodical instructions No. 4681-88 to substantiate the maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas. Moscow; 1989. (in Russian)
5. Kamil'dzhanov A.Kh., Dadazhanov Sh.N., Inoyatov F.Sh., Mirzakarimova M.A. Some indicators of the functional state of the liver and reproductive organs with inhalation exposure to ammonia. *Toksikologicheskij vestnik*. 2002; (3): 17–21. (in Russian)
6. Kamil'dzhanov A.Kh., Mirzakarimova M.A., Akbarov A.A. et al. *Byulleten' Assotsiatsii vrachey Uzbekistana*. Tashkent; 2003: 63–7. (in Russian)
7. Mirzakarimova M.A. In: *Actual Problems of Hygiene and Ecology: Collection of Scientific Treatises [Aktual'nye problemy gigieny i ekologii: Sbornik nauchnykh traktatov]*. Tashkent; 2005: 107–13. (in Russian)
8. National report on the state of the environment and the use of natural resources in the Republic of Uzbekistan. Tashkent; 2008. (in Russian)
9. National report on the state of the environment and the use of natural resources in the Republic of Uzbekistan (2008–2011). (in Russian)
10. Pinigin M.A. Hygienic basis for assessing the total air pollution in populated areas. *Gigiena i sanitariya*. 1985; (1): 66–9. (in Russian)
11. Pinigin M.A. Theory and practice of assessing the combined effect of chemical pollution of atmospheric air. *Gigiena i sanitariya*. 2001; 80 (1): 9–13. (in Russian)
12. Pinigin M.A., Budarina O.V., Safullina A.A. Development of hygienic basis for rationing and odor control in the ambient air and ways of harmonization in this area. *Gigiena i sanitariya*. 2012; 91 (5): 72–5. (in Russian)
13. Guidance on methods for determining harmful substances in the air. Moscow; 1974. (in Russian)
14. Sabirova Z.F., Fattakhova N.F., Pinigin M.A. Assessment and problems of the combined and complex effects of environmental pollution on public health. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2012; (6): 31–6. (in Russian)
15. Sanotskiy I.A., Fomenko V.I. *The Long-term Consequences of the Effect of Chemical Compounds on the Body [Otvalennye posledstviya vliyaniya khimicheskikh soedineniy na organizm]*. Moscow; 1979. (in Russian)
16. SanPiN RUz № 0293-11 "Hygienic standards. List of maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas on the territory of the Republic of Uzbekistan. Tashkent; 2011. (in Russian)

Поступила 13.09.16

Принята к печати 04.10.16

References

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.777:628.16.085

Жолдакова З.И.¹, Тульская Е.А.¹, Костюченко С.В.², Ткачев А.А.²

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ МНОГОБАРЬЕРНОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПАТОГЕНОВ, УСТОЙЧИВЫХ К ХЛОРИРОВАНИЮ

¹ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Минздрава России, 119991, Москва;²НПО «ЛИТ», 107076, Москва

Применение ультрафиолетового (УФ) обеззараживания наиболее эффективно в совокупности с другими методами обеззараживания в составе многобарьерных схем водоподготовки. К УФ-воздействию чувствителен широкий спектр патогенов, включая патогены, устойчивые к хлорированию (вирусы и простейшие), оно приводит также к существенному снижению образования хлорорганических соединений. В работе дан обзор результатов внедрения многобарьерных схем обеззараживания с применением ультрафиолета на водоканалах крупных городов: Санкт-Петербурга и Нижнего Новгорода.

Ключевые слова: обеззараживание; ультрафиолет; хлорирование; устойчивость к хлорированию.

Для цитирования: Жолдакова З.И., Тульская Е.А., Костюченко С.В., Ткачев А.А. Ультрафиолетовое обеззараживание как элемент многобарьерной схемы очистки воды для защиты от патогенов, устойчивых к хлорированию. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 531-535. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-531-535>

Zholdakova Z.I.¹, Tulskeya E.A.¹, Kostuchenko S.V.², Tkachev A.A.²

ULTRAVIOLET DISINFECTION AS AN ELEMENT OF MULTI-BARRIER APPROACH TO THE WATER TREATMENT FOR THE PROTECTION AGAINST CHLORINE-RESISTANT PATHOGENS

¹A. N. Sysin Research Institute of Human Ecology and Environmental Health, Moscow, 119991, Russian Federation²Scientific Production Association "LIT", Moscow, 107076, Russian Federation;

Ultraviolet disinfection is the most efficient mode in combination with other disinfection methods within multi-barrier approach for the water treatment. UV disinfection being effective against a wide range of pathogens including the chlorine-resistant (viruses and protozoa) significantly reduces chlorine byproducts. This paper presents a review of