

into a fourth reference range boundaries. The total index of danger with all substances, the content of which was monitored in the ambient air in the city of Novokuibyshevsk, accounted for 17.74 and also demanded measures to reduce air pollution in the near future.

Key words: air pollution; health risk; formaldehyde; hexavalent chromium; benzo(a)pyrene; cancer risk; the maximum permissible concentration.

For citation: Suchkov V.V., Semaeva E.A. Relationship between maximum permissible concentrations and level of health risk for air pollutants. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(5): 442-445. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-5-442-445>

For correspondence: Vyacheslav V. Suchkov, MD PhD, assistant of the Department of general hygiene of the Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation. E-mail: slav-vok4us@mail.ru

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 10 March 2016

Accepted: 04 October 2016

Введение

В последнее время в Российской Федерации, начиная с 2014 г., экологическая обстановка в мегаполисах и крупных промышленных городах в части состояния атмосферного воздуха стала постепенно улучшаться [1]. В ряде регионов России, где приоритетным загрязняющим веществом атмосферного воздуха был формальдегид, у которого изменилась величина среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДК), уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивался как низкий. В то же время из списка приоритетных вредных веществ постепенно исключаются классические примеси: аммиак, оксид и диоксид азота, диоксид серы, сероводород, фенол. По всем вышеперечисленным веществам с 2014 г. пересмотрены методики определения данных примесей в пробах атмосферного воздуха с частичной отменой РД 52.04.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» [2–8]. По диоксиду азота изменена величина максимально разовой ПДК с 2006 г. [9], по фенолу – среднесуточной ПДК с 2015 г. в сторону увеличения порогового уровня [10]. По данным Росгидромета, практически все канцерогены первого и второго классов опасности, за исключением бенз(а)пирена, не являются приоритетными загрязняющими веществами, присутствующими в атмосферном воздухе населенных мест, так как практически отсутствуют превышения гигиенических нормативов по их среднемесячным и среднегодовым концентрациям. Это касается мышьяка, шестивалентного хрома, свинца, формальдегида, который утратил свою приоритетность, бензола, никеля [11]. Их концентрация на уровне среднесуточной ПДК обуславливает риск здоровью, который абсолютно неприемлем для населения, и не отвечает требованиям международных стандартов. В соответствии с решением Пленума «Комплексное воздействие окружающей среды и образа жизни на здоровье населения: диагностика, коррекция, профилактика» на ближайшую перспективу предлагается установить ПДК химических загрязнителей атмосферного воздуха, обладающих канцерогенным действием, по величинам среднегодовых концентраций с учетом приемлемого риска здоровью населения на уровне 10^{-4} , что позволит гармонизировать уровни атмосферных загрязнений согласно требованиям международных стандартов [12].

Цель исследования – комплексная оценка загрязнения атмосферного воздуха в промышленном центре Самарской области в 2014 г. – городе Новокуйбышевске.

Материал и методы

В 2014 г. нами совместно с сотрудниками Новокуйбышевской лаборатории по мониторингу загрязнения окружающей среды, которая является структурно-функциональным подразделением ФГБУ «Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», отобраны 28 тыс. проб атмосферного воздуха на трех стационарных постах в г. Новокуйбышевске. Определения вредных примесей в отобранных пробах проводили в соответствии с действующими методиками на сертифицированном оборудовании [2–8]. Анализ загрязнения атмосферного воздуха осуществляли путем сравнения фактических концентраций вредных веществ с их среднесуточными ПДК (при их отсутствии – с максимально разовыми

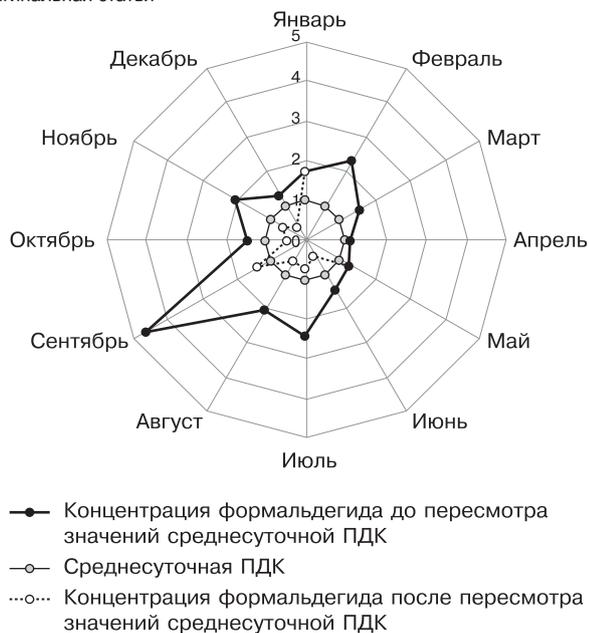
ПДК), утвержденными в последней редакции ГН 2.1.6.1338–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [13]. Риск здоровью населения рассчитывали по Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920–04), при использовании стандартных факторов экспозиции.

Различия показателей считали достоверными при принятом уровне статистической значимости $p < 0,05$. Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Microsoft Excel 2013 и Statistica 10 Enterprise 10.0.1011.6.

Результаты и обсуждение

На территории г. Новокуйбышевска контроль загрязнения атмосферы производили на трех стационарных постах. Пробы атмосферного воздуха отбирали в соответствии с РД 52.04.186–89 по неполной программе: ежедневно в 7.00, 13.00 и 19.00, кроме воскресных и праздничных дней. Стационарный пост № 1 расположен по адресу ул. Ворошилова, 2, стационарный пост № 2 – пр. Победы, 2, стационарный пост № 4 – ул. Кирова, 3. На всех трех постах определяли содержание в атмосферном воздухе взвешенных веществ, диоксида азота, диоксида серы, фенола и оксида углерода. На первом и четвертом постах дополнительно исследовали концентрации аммиака, сероводорода и бенз(а)пирена, на первом и втором – формальдегида, на втором и четвертом – углеводородов суммарно, только на втором посту – оксида азота и тяжелых металлов (свинца, марганца, никеля, шестивалентного хрома, цинка, меди, железа, кадмия и магния), только на четвертом посту – ароматических углеводородов (бензола, ксилола, толуола и этилбензола). Всего 24 химических вещества подлежали контролю содержания их в атмосфере в г. Новокуйбышевске, из которых 7 – вещества, являющиеся канцерогенами согласно СанПиН 1.2.2353–08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности».

Для проведения комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Новокуйбышевска нами выделены 7 приоритетных загрязняющих веществ. Приоритетность устанавливалась путем ранжирования всех вредных примесей по четырем критериям: первый – класс опасности вещества, второй – наличие среднемесячных концентраций, превышающих среднесуточную ПДК, третий – наличие превышений уровня максимально разовой ПДК и четвертый – величина риска здоровью, превышающая значение приемлемого риска. В течение 2014 г. превышения уровня максимально разовой ПДК зафиксированы по взвешенным веществам (в 16 раз), диоксиду азота (в 4 раза), фенолу (в 53 раза), сероводороду (в 31 раз) и формальдегиду (в 12 раз). Среднемесячные концентрации находились выше среднесуточной ПДК по формальдегиду (с января по май и отдельно в сентябре) и бенз(а)пирену (в феврале и сентябре). По остальным вредным примесям не наблюдалось превышений среднемесячных концентраций (табл. 1). Полученные среднегодовые концентрации поллютантов не превысили гигиенических нормативов, и, исходя из этого, индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) в г. Новокуйбышевске за 2014 г. стал низким. Его рассчитывали по пяти приоритетным примесям: взвешенным веществам, диоксиду азота,



Динамика изменения среднемесячных концентраций формальдегида в атмосферном воздухе в г. Новокуйбышевске за 2014 г.

фенолу, формальдегиду и бенз(а)пирену. Подставив в формулу расчета ИЗА числовые значения, получим: $ИЗА_5 = 0,744^1 + 0,56^1 + 0,533^{1,3} + 0,58^{1,3} + 0,704^{1,5} = 2,83$ (менее 5 – низкий уровень ИЗА). Данный факт свидетельствует о том, что в 2014 г. по сравнению с предыдущими годами загрязнение атмосферного воздуха в г. Новокуйбышевске снизилось не за счет уменьшения концентраций приоритетных загрязняющих веществ, а в результате пересмотра значений ПДК по формальдегиду (новая величина среднесуточной ПДК превысила старую в 3,33 раза). Различия в концентрациях формальдегида между старым и новым значениями среднесуточной ПДК демонстрирует рисунок.

При анализе риска здоровью населения выделили пять веществ с канцерогенным эффектом (шестивалентный хром,

Величины индивидуальных канцерогенных рисков и индексов опасности для здоровья различных возрастных групп населения г. Новокуйбышевска за 2014 г.

Химическое вещество	CR для здоровья детей до 18 лет	CR для здоровья взрослых	CR для здоровья населения г. Новокуйбышевска в целом	HI для здоровья детей до 18 лет, взрослых и населения г. Новокуйбышевска в целом
Взвешенные вещества	–	–	–	1,488
Углеводороды нефти	–	–	–	1,838
Медь	–	–	–	8,000
Формальдегид	$1,72 \cdot 10^{-4}$	$3,68 \cdot 10^{-5}$	$2,84 \cdot 10^{-5}$	1,933
Бенз(а)пирен	$1,76 \cdot 10^{-6}$	$3,77 \cdot 10^{-7}$	$2,91 \cdot 10^{-7}$	0,700
Хром шестивалентный	$8,12 \cdot 10^{-4}$	$1,74 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-4}$	0,300
Свинец	$3,25 \cdot 10^{-6}$	$6,96 \cdot 10^{-7}$	$5,37 \cdot 10^{-7}$	0,240
Бензол	$1,90 \cdot 10^{-4}$	$4,06 \cdot 10^{-5}$	$3,14 \cdot 10^{-5}$	0,363

бензол, бенз(а)пирен, формальдегид, свинец) и пять веществ с неканцерогенным действием (медь, углеводороды нефти, формальдегид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества). В соответствии с Р 2.1.10.1920–04, используя стандартные факторы экспозиции, рассчитали индивидуальные канцерогенные риски (CR) для канцерогенов и индексы опасности (HI) развития неканцерогенных эффектов для вышеперечисленных веществ (табл. 2).

Основной вклад в общий уровень канцерогенного риска для здоровья всех возрастных групп населения г. Новокуйбышевска вносит шестивалентный хром (68,75% – для здоровья детей до 18 лет, 68,91% – для здоровья взрослых, 68,85% – для здоровья населения г. Новокуйбышевска в целом), несмотря на среднесуточную концентрацию, равную 0,02 доли среднесуточной ПДК.

Таблица 1

Среднемесячные концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в г. Новокуйбышевске в 2014 г.

Месяц	Среднемесячная концентрация, в долях среднесуточной ПДК						
	бенз(а)пирен	формальдегид	хром шестивалентный	фенол	диоксид азота	сероводород*	взвешенные вещества
Январь	0,9	1,73	0,013	0,3	0,31	0,18	0,31
Февраль	1,2	2,3	0,053	0,33	0,66	0,16	0,4
Март	0,9	1,57	0,02	0,43	0,58	0,16	0,47
Апрель	0,4	1,13	0,013	0,53	0,53	0,18	0,73
Май	0,7	1,27	0,013	0,57	0,63	0,18	0,92
Июнь	0,2	0,44	0,02	0,63	0,49	0,18	0,98
Июль	0,3	0,73	0,013	0,6	0,54	0,13	1,33
Август	0,4	0,61	0,013	0,7	0,41	0,1	0,91
Сентябрь	1,5	1,37	0,013	0,77	0,76	0,23	1,01
Октябрь	0,6	0,43	0,013	0,47	0,65	0,11	0,74
Ноябрь	0,7	0,6	0,007	0,57	0,7	0,13	0,55
Декабрь	0,9	0,39	0,013	0,57	0,44	0,13	0,43
Среднегодовая концентрация за 2014 г.	0,704	1,933 (**) 0,580 (***)	0,020	0,533	0,560	0,150	0,744

Примечание. * – концентрации рассчитаны в долях максимально разовой ПДК; ** – концентрация рассчитана по старой редакции ГН 2.1.6.1338–03; *** – концентрация рассчитана по новой редакции ГН 2.1.6.1338–03.

Второе и третье ранговые места по величине канцерогенного риска заняли бензол и формальдегид соответственно. Индивидуальные канцерогенные риски для здоровья детей до 18 лет по шестивалентному хрому, бензолу и формальдегиду превысили границу предельно допустимого риска и были отнесены к третьему диапазону референсных значений риска в соответствии с Р 2.1.10.1920–04. Канцерогенный риск для здоровья взрослых и населения г. Новокуйбышевска в целом находился в третьем диапазоне референсных границ только по шестивалентному хрому. Однако суммарный канцерогенный риск здоровью детей до 18 лет составил $1,18 \cdot 10^{-3}$ и перешел в четвертый диапазон референсных границ. Данный риск абсолютно неприемлем для здоровья населения, и для его снижения необходимо проведение экстренных оздоровительных мероприятий. Для здоровья населения г. Новокуйбышевска значение суммарного канцерогенного риска равно $1,95 \cdot 10^{-4}$, относится к третьему диапазону референсных границ и требует проведения плановых мероприятий по управлению риском.

Индексы опасности развития неканцерогенных эффектов у всех контингентов населения г. Новокуйбы-

шевка превышали единицу только по меди (I ранговое место), формальдегиду (II ранговое место), углеводородам нефти (III ранговое место) и взвешенным веществам (IV ранговое место). Основной вклад в развитие общетоксических эффектов вносит медь (53,83%), несмотря на среднегодовую концентрацию, равную 0,08 доли среднесуточной ПДК. Суммарный индекс опасности с учетом всех веществ, содержание которых контролировалось в атмосферном воздухе в г. Новокуйбышевске, составил 17,74 и также требовал проведения мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха в ближайшее время.

Основными органами и системами органов, наиболее подверженных риску возникновения злокачественных новообразований, являлись легкие (I ранговое место), система крови (II ранговое место), центральная нервная система (III ранговое место) и почки (IV ранговое место). По развитию соматических заболеваний распределение органов и систем органов немного изменилось: I место – легкие, II место – система крови, III место – печень, IV место – ЦНС, V место – сердце и VI место – почки.

Выводы

1. Суммарный канцерогенный риск для здоровья детей до 18 лет абсолютно неприемлем. Он формируется за счет содержания в атмосферном воздухе шестивалентного хрома, бензола и формальдегида.

2. Основной вклад в общий уровень канцерогенного риска для здоровья всех возрастных групп населения г. Новокуйбышевска вносит шестивалентный хром, несмотря на среднегодовую концентрацию, равную 0,02 доли среднесуточной ПДК.

3. Основной вклад в развитие общетоксических эффектов вносит медь, несмотря на среднегодовую концентрацию, равную 0,08 доли среднесуточной ПДК.

4. Полученные результаты необходимы для принятия решений по управлению риском, включающих в себя гармонизацию ПДК для поллютантов с канцерогенным действием и отдельно для веществ с общетоксическим эффектом, а также комплекс технологических, санитарно-технических и планировочных мероприятий по уменьшению качественного и количественного состава выбросов от стационарных источников, расположенных в промышленной зоне г. Новокуйбышевска.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году». М.; 2015.
2. РД 52.04.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». М.; 1989.
3. РД 52.04.667–2005 «Руководящий документ. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию». М.; 2006.
4. РД 52.04.791–2014 «Массовая концентрация аммиака в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с салицилатом натрия». М.; 2014.
5. РД 52.04.792–2014 «Массовая концентрация оксида и диоксида азота в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с использованием сульфаниловой кислоты и I-нафтиламина». М.; 2014.
6. РД 52.04.794–2014 «Массовая концентрация диоксида серы в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим формальдегидопараоразанилиновым методом». М.; 2014.
7. РД 52.04.795–2014 «Массовая концентрация сероводорода в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом по реакции образования метиленовой синей». М.; 2014.

8. РД 52.04.799–2014 «Массовая концентрация фенола в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с использованием 4-аминоантипирина». М.; 2014.
9. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ N 24 «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.6.1983–05 и ГН 2.1.6.1984–05». М.; 2008.
10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ N 114 «О введении в действие ГН 2.1.6.1338–03». М.; 2015.
11. 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; 91(5): 75–8.
12. Решение пленума Научного совета российской федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды «Комплексное воздействие факторов окружающей среды и образа жизни на здоровье населения: диагностика, коррекция, профилактика», г. Москва, 11–12 декабря 2014 г. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(7): 134–6.
13. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ N 3 «О внесении изменения в ГН 2.1.6.1338–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест»» М.; 2015.

References

1. State report «On the state and on the protection of the environment of the Russian Federation in 2014». Moscow; 2015.
2. RD 52.04.186–89 «Guidelines for the control of atmospheric pollution». Moscow; 1989.
3. RD 52.04.667–2005 «Guidance document. Documents on the state of atmospheric pollution in cities for informing government agencies, the public and the public. General requirements for the development, construction, presentation and content». Moscow; 2006.
4. RD 52.04.791–2014 «Mass concentration of ammonia in samples of atmospheric air. Method of measurement by photometric method with sodium salicylate». Moscow; 2014.
5. RD 52.04.792–2014 «Mass concentration of oxide and nitrogen dioxide in atmospheric air samples. Method of measurement by photometric method using sulfanilic acid and I-naphthylamine». Moscow; 2014.
6. RD 52.04.794–2014 «Mass concentration of sulfur dioxide in atmospheric air samples. Method of measurement with photometric formaldehydepararazanine method». Moscow; 2014.
7. RD 52.04.795–2014 «Mass concentration of hydrogen sulphide in samples of atmospheric air. Method of measurement by photometric method for the reaction of formation of methylene blue». Moscow; 2014.
8. RD 52.04.799–2014 «Mass concentration of phenol in samples of atmospheric air. Method of measurement by photometric method using 4-aminoantipyrine». Moscow; 2014.
9. Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 24 «On the implementation of hygienic standards of GN 2.1.6.1983–05 and GN 2.1.6.1984–05». Moscow; 2008.
10. Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 3 «On Amendments to GN 2.1.6.1338–03 «Maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas». Moscow; 2015.
11. Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Skvortsova N.S., Kislicin V.A., Mishina A.L. Problems and ways of solutions to harmonize standards for air pollution. *Gigiena i sanitariya*. 2012; 91(5): 75–8. (in Russian)
12. Decision of the Plenum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Health «Comprehensive Environmental and Lifestyle Impact on Public Health: Diagnosis, Correction, Prevention», Moscow, December 11–12, 2014. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(7): 134–6. (in Russian)
13. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation N 114 «On the implementation of GN 2.1.6.1338–03». Moscow; 2015.

Поступила 10.03.16
Принята к печати 04.10.16