

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Кислицын В.А., Шашина Т.А., Додина Н.С.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОСТРЫХ ИНГАЛЯЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119991, Москва

*Оценка риска острых ингаляционных воздействий на население имеет методические особенности на всех этапах выполнения исследований. При выборе приоритетных веществ предложена модификация способа вычисления показателя относительной опасности по величине выброса (в г/с). Для оценки острого риска применяются 1-часовые осреднения концентраций, совпадающие по продолжительности с референтными уровнями острых ингаляционных воздействий (ARfC). Использование в моделирующей программе максимально-разовой величины выброса вещества от источника приводит к необоснованному завышению значений 1-часовых концентраций. В стандартных параметрах источников выбросов из тома ПДВ не предусмотрены данные для учёта работы включения/выключения источников, реальная мощность выброса (г/с) за каждый час и др. параметры, уточняющие расписание работы источников. Разработаны рекомендации для расчёта 1-часовых концентраций, приближённых к реальным, при оценке экспозиции, структура и формат представления дополнительных исходных данных и компьютерная программа для подключения их к моделям AERMOD и ISCST3, а также усечения временного ряда расчётных 1-часовых концентраций на уровне 95–98 перцентилей. Описаны особенности расчёта показателей острого риска – коэффициентов (AHQ) и индексов (AHI) опасности. По часовым значениям временного ряда концентраций в каждой точке воздействия определяется наибольшее значение AHQ, используемое для оценки уровня острого риска вещества. Для расчёта индекса опасности (AHI) с учётом веществ, влияющих на одни критические органы/системы, в каждой точке воздействия суммируются часовые значения AHQ отдельных веществ, определяется наибольшее значение AHI, используемое для оценки уровня острого риска от воздействия веществ с однонаправленным действием. Аprobация описанных методических подходов показала их эффективность при установлении величин экспозиций и рисков, приближённых к реальным значениям. Их применение позволило снизить значения показателей острого риска AHQ и AHI до «правдоподобных» величин соответственно в 2 и 3,7 раза.*

**Ключевые слова:** риск здоровью населения; острое ингаляционное воздействие; оценка экспозиции; моделирование рассеивания выбросов.

**Для цитирования:** Кислицын В.А., Шашина Т.А., Додина Н.С. Методические особенности оценки риска здоровью населения при острых ингаляционных воздействиях. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 87-89.

**Для корреспонденции:** Шашина Татьяна Александровна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации. E-mail: sta815@mail.ru

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 01.03.2018  
Принята к печати 18.10.2018

Kislitsyn V.A., Shashina T.A., Dodina N.S.

## METHODOLOGICAL FEATURES OF HEALTH RISK ASSESSMENT IN ACUTE INHALATION EFFECTS ON THE POPULATION

Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation

*Risk assessment of acute inhalation effects on the population has methodological features at all stages of the research. When choosing priority substances, a modification of the method for calculating the relative hazard index by the emission value (in g/sec) is proposed. To assess acute risk, 1-hour averaging of concentrations coinciding in duration with reference levels of acute inhalation effects (ARfC) is used. The use in modeling program of a maximum hourly emission value for each source results in an unreasonable overestimation of the values of 1-hour concentrations. The standard parameters of the emission sources from the report on permissible emissions (PDV) do not provide the data for the mode of sources (on/off), the actual emission rates (g/sec) for each hour, and other parameters that specify the sources operation. Recommendations were developed for calculation of 1-hour concentrations close to real, in assessing the exposure, structure, and format of the additional data and a computer package for the data connection to AERMOD and ISCST3 models, as well as for the truncation of the time series of calculated 1-hour concentrations at 95-98th percentile. Features of the acute risk indices calculation - coefficients (AHQ) and indices (AHI) are described. Using the hourly values of the time series of concentrations the highest AHQ value is determined at each exposure point, which is used to estimate the level of acute risk from a substance. To calculate the hazard index (AHI) of the substances affecting the same critical organs/systems, the AHQ hourly values of individual substances are summarized at each exposure point, the highest AHI value is determined, which is used to assess the level of acute risk from exposure to substances with unidirectional action. The approbation of the described methodical approaches has shown their effectiveness in determining the values of exposures and risks close to real values. Their use has reduced the values of AHQ and AHI acute risk indices to "plausible" values by 2 and 3.7 times, respectively.*

**Key words:** public health risk; acute inhalation exposure; exposure assessment; emission dispersion modelling.

**For citation:** Kislitsyn V.A., Shashina T. A., Dodina N.S. Methodological features of health risk assessment in acute inhalation effects on the population. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(1): 87-89. (In Russ.).

**For correspondence:** Tatyana A. Shashina, MD, PH.D., leading researcher of Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: sta815@mail.ru

**Information about authors:**

Kislitsin V.A. <http://orcid.org/0000-0002-6575-2882>; Shashina T. A. <http://orcid.org/0000-0002-4190-0326>; Dodina N.S. <http://orcid.org/0000-0001-6693-922X>

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

*Acknowledgment.* The study had no sponsorship.

Received: 01 March 2018

Accepted: 18 October 2018

К острому (кратковременному) воздействию химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, относится непрерывное ингаляционное воздействие длительностью от нескольких минут до 24 часов, которое может представлять собой угрозу здоровью населения, что обусловлено риском развития ответной реакции организма различной степени тяжести (от слабой до угрожающей жизни).

В Руководстве P-2.1.10.1920–04 [1] для более 100 соединений приведены референтные уровни острых ингаляционных воздействий (ARFC), представляющие собой концентрации, не вызывающие вредных для здоровья эффектов у большинства чувствительных индивидуумов при регламентированном 1-часовом времени осреднения экспозиции и повторяемости, когда повторное воздействие недопустимо или время его возможного наступления многократно превышает продолжительность восстановительного периода.

В настоящее время, несмотря на необходимость уточнения значений ряда ARFC, они являются наиболее приемлемыми критериями для оценки острых рисков здоровью населения, обусловленных воздействием химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

Методические особенности оценки риска здоровью при острых ингаляционных воздействиях на население диктуют необходимость более подробного рассмотрения отдельных вопросов, связанных с выбором приоритетных химических веществ, оценкой уровней экспозиции по 1-часовым концентрациям, учётом фоновых уровней загрязнения, расчётами острого риска по коэффициентам (AHQ) и индексам (AHI) опасности.

Методы ранжирования химических веществ, приведённые в [1], ориентированы на оценку хронического (длительного) воздействия, поэтому в них используется годовой суммарный выброс (в т/год) каждого анализируемого вещества от всех источников. При оценке острого (кратковременного) воздействия суммарный выброс непосредственно не связан с величинами кратковременных концентраций, поэтому в данном случае более адекватным показателем для ранжирования выбросов и выбора приоритетных по влиянию на здоровье населения веществ может служить сумма максимально-разовых выбросов (в г/с) каждого анализируемого вещества от всех источников.

При оценке острого ингаляционного воздействия химических веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий, следует ориентироваться на 1-часовые концентрации, которые можно получить при компьютерном моделировании рассеивания выбросов, например, с помощью программ AERMOD [2] и ISCST3 [3], разработанных в США под контролем Агентства по охране окружающей среды.

Анализ результатов работ по оценке риска здоровью при острых ингаляционных воздействиях показал, что использование в моделирующей программе рассеивания выбросов исключительно максимально-разовой величины выброса для каждого источника по каждому веществу приводит к необоснованно завышенным значениям 1-часовых концентраций. В результате анализа возможных причин завышения моделируемых концентраций установлено, что в стандартных параметрах источников выбросов из тома ПДВ [4] не предусмотрены такие важные особенности функционирования источников выбросов, как, например, данные для учёта конкретных моментов в режиме работы источников (включение/выключение), реальная мощность выброса (г/с) за каждый час и др., уточняющие расписание работы источников и значения их разовых (почасовых) выбросов, которые часто отличаются от максимально-разовых.

Разработка точного метода решения задачи по составлению расписания работы источников выбросов с учётом определения разовых (1-часовых) концентраций в настоящее время не представляется возможным из-за её сложности. Так, мощность выброса и длительность работы источников в некоторых случаях может зависеть от конкретных погодных условий. К тому же необходимый для этого полный набор исходных данных вряд ли можно будет получить в реальной ситуации.

Авторы работы [5] предлагают решать задачу получения приближённых к реальным 1-часовых концентраций за счёт имеющейся свободы назначения моментов времени пиковых выбросов источников, работающих сравнительно редко и при этом характеризующихся большой величиной мощности максимально-разовых выбросов («импульсные» источники) относительно моментов времени наиболее неблагоприятных метеоситуаций. Для этого применяется специальная процедура, основанная на методе Монте-Карло, которая случайным образом «разбрасывает» моменты выбросов рассматриваемых источников по часам года в соответствии с показателем «импульсности» или указанным годовым ресурсом рабочего времени. Максимальное значение 1-часовой концентрации, получаемое с наибольшей вероятностью, принимается в качестве результата работы данной процедуры.

Неоспоримым преимуществом описанного подхода является то, что он учитывает фактор метеоситуаций, значительно влияющий на величины концентраций веществ, выбрасываемых источниками. Однако большое время расчётов и используемых вычислительных ресурсов при его применении, связанное с многократным прогоном моделирующей программы для вычисления максимального значения 1-часовой концентрации в процессе многократного повторения расчётов по методу Монте-Карло, сдерживает широкое применение этого подхода.

Для получения значений 1-часовых концентраций выбросов, более приближённых к реальным концентрациям при оценке экспозиции острого ингаляционного воздействия, предлагается следовать приведённым ниже рекомендациям:

1. При подготовке исходных данных для моделирования рассеивания и расчёта 1-часовых концентраций необходимо обеспечить получение и ввод в программу, моделирующую рассеивание выбросов, дополнительных исходных данных для учёта изменения мощности выбросов или отключения основных источников анализируемых промышленных объектов сезонно, поквартально, ежедневно или ежечасно в зависимости от характера их работы. Так, при наличии неопределённости в мощности выброса вещества от источника и значительной разницы между величинами максимально-разовой мощности выброса (г/с) и средней мощности выброса (определяется из величины годового выброса и времени работы в году), рекомендуется назначать выброс на каждый час случайным образом с учётом ограничения на суммарный годовой выброс. Для ускорения расчёта требуемых параметров и включения этих данных во входной файл для моделирования по программам AERMOD и ISCST3 разработаны структура и формат представления вводимых данных, а также компьютерная программа ввода.

2. После проведения расчётов концентраций за каждый час конкретного анализируемого года (8760/8784 значений при 365/366 дней в году) необходимо выполнить усечение временного ряда для каждого приоритетного вещества по каждой точке воздействия на уровне 95–98 перцентиля с целью удаления самых высоких значений, имеющих малую вероятность реализации (менее 5%) [6, 7].

3. Новые методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе [8] определяют необходимость применения фоновых концентраций того же времени осреднения, что и результаты проводимых расчётов. При этом они могут быть установлены как по данным инструментальных измерений, так и определены расчётным путем. В связи с тем, что получение 1-часовых фоновых концентраций по данным инструментальных измерений затруднено из-за ограниченного числа автоматических станций контроля замера атмосферного воздуха и их организация требует ощутимых материальных затрат, целесообразно решать вопрос использования инструментальных измерений при оценке кратковременных воздействий в каждом конкретном случае с учётом реальной ситуации на анализируемой территории. Зачастую применяемая огрублённая оценка фоновых воздействий по величинам максимально-разовых концентраций при 20-минутном осреднении порождает большую неопределённость и может привести к значительным переоценкам величин кратковременного воздействия и риска.

Основными принципами оценки риска при острых воздействиях являются дифференциация критериев с учётом экспонируемых лиц, времени воздействия, ожидаемых вредных эффектов, характеристики возможных отдалённых эффектов у разных групп населения [9]. При этом расчёт показателей острого риска по коэффициентам ( $AHQ$ ) и индексам ( $AHI$ ) опасности на основе результатов моделирования рассеивания выбросов требует специального подхода.

При характеристике острого риска в каждой точке воздействия с использованием усечённого временного ряда 1-часовых значений концентраций приоритетного вещества за год, полученного на этапе оценки экспозиции, вычисляются соответствующие 1-часовые  $AHQ$  и выбирается его наибольшее значение, используемое для оценки уровня риска острого воздействия данного вещества.

При расчёте индексов опасности острого 1-часового воздействия ( $AHI$ ) для веществ, влияющих на одни и те же критические органы/системы организма, в каждой точке воздействия суммируются ранее полученные для них величины  $AHQ$  за каждый час и выбирается наибольшее значение  $AHI$ . Это значение  $AHI$  будет являться наиболее «правдоподобной» величиной индекса опасности острого воздействия, используемой для оценки уровня риска острого воздействия веществ с однонаправленным действием.

Предложенные методические подходы к оценке риска здоровью населения при острых ингаляционных воздействиях химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, были апробированы в проектах по обоснованию достаточности размеров СЗЗ промышленных предприятий в Белгородской области и в Кабардино-Балкарской республике. При этом было проведено сравнение полученных коэффициентов и индексов опасности в случае их расчёта по максимальным величинам и по предлагаемому алгоритму.

Результаты сравнения показали, что использование предлагаемого алгоритма, позволяющего рассчитать приближённую к реальной ситуации острую экспозицию, до двух раз снизило значение  $AHQ$ , например, для азот диоксида, а также до 3,7 раз снизило значение  $AHI$ , например, по влиянию на органы дыхания, приблизив их к наиболее «правдоподобным» величинам острых рисков.

## Литература

1. Руководство по оценке риска здоровья населения при воздействии химических веществ загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04, утв.05.03.04. М.: *Федеральный Центр Госсанэпиднадзора Минздрава России*; 2004.

2. User's Guide for the AMS/EPA Model AERMOD. *EPA-454/B03001*, 2004.
3. User's Guide For The Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. Vol.1. *EPA-454/B-95-003a. U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina 27711*. 1995.
4. Рекомендации по оформлению и содержанию проекта нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятия. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420284408/> (accessed August 1987).
5. Авалиани С.Л., Балтер Б.М., Балтер Д.Б., Ревич Б.А., Стальная М.В., Фоминская М.В. Анализ риска для здоровья от загрязнения воздуха 15 нефтеперерабатывающими предприятиями. II. Типы источников и пространственные факторы. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2015; 3: 17-22.
6. Онищенко Г.Г., ред., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., ред., 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.
7. Новиков С.М., Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Пономарева О.В. Основные элементы оценки риска для здоровья (пособие для семинаров). М.: Консультационный центр по оценке риска; 1998.
8. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456074826/> (accessed August 2017).
9. Новиков С.М., Шашина Т.А., Скворцова Н.С. Принципы, критерии и методы оценки кратковременных воздействий химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух. *Вестник РАМН*. 2006; 5: 3-7.

## References

1. Guidance on the human health risk assessment under the influence of chemical contaminants. P 2.1.10.1920-04. Moscow: *Federal Center of Sanitary Inspection Ministry of Health of Russia*; 2004. (in Russian).
2. User's Guide for the AMS/EPA Model AERMOD. *EPA-454/B03001*; 2004.
3. User's Guide For The Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. Vol.1. *EPA-454/B-95-003a. U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina 27711*; 1995.
4. Recommendations on the design and content of the draft standards of maximum permissible emissions into the atmosphere (PDV) for enterprises. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420284408/> (accessed August 1987). (in Russian).
5. Avaliani S.L., Balter B.M., Balter D.B., Revich B.A., Stal'naja M.V., Fominskaja M.V. Health risk analysis of the air pollution from 15 oil refineries. II. Source types and spatial factors. *Environmental protection in oil and gas complex*. 2015; 3: 17-22. (in Russian).
6. Onishhenko G.G., ed., Novikov S.M., Rahmanin Ju.A., ed., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Fundamentals of health risk assessment in exposure to chemicals that pollute the environment Moscow: RI of Human Ecology and Environmental Hygiene; 2002. (in Russian).
7. Novikov S.M., Avaliani S.L., Andrianova M.M. Ponomareva O.B. The main elements of health risk assessment (manual for workshops). Moscow: Consulting center for the assessment of risk; 1998.
8. The calculation methods of emission dispersion of pollutants in the ambient air. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456074826/> (accessed August 2017). (in Russian).
9. Novikov S.M., Shashina T.A., Skvorcova N.S. Principles, criteria and methods for assessing the short-term effects of the chemical air pollutants. *Vestnik RAMN*. 2006; 5: 3-7 (in Russian).